Mémoire

sur la construction de la Coupole
projettée pour couronner la nouvelle
eglise de Sainte genevieve à Paris

M. DCC. LXX.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/memoiresurlacons00patt

MÉMOIRE
SUR LA CONSTRUCTION
DE LA COUPOLE,
PROJETTÉE

POUR COURONNER LA NOUVELLE ÉGLISE

DE SAINTE GENEVIEVE
A PARIS;

Ou il eſt queſtion de prouver que les PILIERS déja exécutés & deſtinés à porter cette COUPOLE, n'ont point les dimenſions néceſſaires pour eſpérer d'y élever un ſemblable OUVRAGE avec ſolidité.

PROBLESME ADRESSÉ A TOUTES LES SOCIÉTÉS SAVANTES,

AUX INGENIEURS, AUX ARCHITECTES,

Et à ceux qui ſe connoiſſent en conſtruction.

PAR M. PATTE, ARCHITECTE DE S. A. SÉRÉNISSIME MONSEIGNEUR LE DUC RÉGNANT DE DEUX-PONTS.

A AMSTERDAM,

ET SE TROUVE A PARIS,

Chez P. FR. GUEFFIER, au bas de la rue de la Harpe.

M. DCC. LXX.

AVANT-PROPOS.

QUELQUE peu vraiſemblable qu'il ſoit que l'on ait entrepris une Coupole auſſi importante que celle de la nouvelle Egliſe de Sainte Génevieve, ſans avoir donné à ſes principaux ſupports les proportions convenables pour aſſurer ſa ſolidité, c'eſt ce dont il ne ſera gueres permis de douter après la lecture de ce Mémoire. Si quelqu'un venoit ſérieuſement propoſer d'élever ſur un mur iſolé de trois pieds neuf pouces d'épaiſſeur, & de quatre-vingt pieds d'élévation, un autre mur de plus de huit pieds d'épaiſſeur par le bas, & de quarante pieds de haut, avec l'obligation de faire encore ſoutenir à l'extrémité de ce dernier la pouſſée de deux grandes voûtes, il ne pourroit à coup ſûr y avoir qu'une voix pour condamner l'exécution d'un pareil ouvrage. Voilà cependant, dans toute ſa ſimplicité, le ſujet de notre problême. Le mur iſolé de trois pieds neuf pouces, & de quatre-vingt pieds d'élévation, eſt la proportion des piliers de l'Egliſe de Sainte Génevieve, déja exécutés & deſtinés à porter ſon dôme : le mur, de plus de huit pieds d'épaiſſeur, eſt celui que les principes établis pour la pouſſée des voûtes, joint aux exemples de conſtruction, néceſſitent de donner pour contreventer une Coupole de ſoixante-

trois pieds de diamètre, comme celle en question. Eſt-il vrai, en effet, qu'on ne puiſſe ſe diſpenſer de donner au moins huit pieds d'épaiſſeur au bas de la tour du dôme qu'il s'agit d'élever au centre de l'Egliſe de Sainte Génevieve? Telle eſt la queſtion que nous allons développer, en nous appuyant ſur des faits ſimples, & dont on ne puiſſe conteſter la vérité.

MÉMOIRE
SUR LA CONSTRUCTION
DE LA COUPOLE,
PROJETTÉE
POUR COURONNER LA NOUVELLE ÉGLISE
DE SAINTE GENEVIEVE
A PARIS.

C'EST une des obligations que nous avons au progrès des Siences, que de nous avoir mis en état de pouvoir apprécier d'avance une infinité d'opérations dans leſquelles on ne ſavoit ſe conduire précédemment qu'en tâtonnant, ou qu'en laiſſant le haſard l'arbitre du ſuccès. Entre tous les arts, il y en a peu d'auſſi propre à être éclairé que celui de la conſtruction. Comme il y eſt ſans ceſſe queſtion d'élever des corps les uns au-deſſus des autres, de faire porter des fardeaux, de contreventer des pouſſées de voûtes, ainſi que de ſoutenir, ſoit des plans inclinés, ſoit des ſurfaces horiſontales ou perpendiculaires, il s'enſuit que tous ces objets étant ſuſceptibles de rapports ou de conſidérations relatives aux loix de l'équilibre & de la peſanteur, appartiennent de toute néceſſité aux Mathématiques, & principalement à la Méchanique, c'eſt-à-dire peuvent être appréciés par ſes régles.

Pluſieurs de nos Savans ont plus d'une fois traité ces importantes

matieres. M. Parent a fait voir, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences, de 1704*, ce que c'eſt que la pouſſée d'une voûte, comment ſes différents vouſſoirs agiſſent relativement à leur poſition; la clef ſur les contre-clefs; les contre-clefs ſur les vouſſoirs adjacents, & ainſi des autres juſqu'à leur retombée ſur les piédroits, & enfin il a déterminé quel rapport a la pouſſée d'une voûte, eu égard au poids de la voûte entiere.

M. de la Hyre, dans ſon *Traité de Méchanique*, avoit déja démontré la diſpoſition que l'on pouvoit donner aux vouſſoirs d'une voûte pour la rendre durable, & ce même Académicien a réſolu depuis, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences, de 1712*, le problême de la méchanique des voûtes dans toute ſon étendue, & a donné des régles préciſes pour trouver en toutes occaſions la force que doivent avoir les piédroits, ou les murs de ſoutennement d'une voûte pour réſiſter à la pouſſée.

La plupart de ceux qui ont écrit ſur la Méchanique, ont depuis examiné les mêmes queſtions ſur la pouſſée des voûtes, & ſur les puiſſances en équilibre qu'il convient de lui oppoſer ſuivant les circonſtances, & ont trouvé des réſultats ſemblables, bien qu'ils ſe fuſſent ſervis de procédés différents pour y parvenir: ainſi il ne ſauroit y avoir de doute ſur la certitude des principes qui ſervent à établir les épaiſſeurs des piédroits des voûtes; ce ſont des vérités Mathématiques.

Voici en général comme les Géométres s'y ſont pris pour déterminer l'épaiſſeur du ſupport d'une voûte ou la réſiſtance en équilibre avec ſa pouſſée. Ils ont conſidéré la demi-voûte où ſe fait d'ordinaire la rupture, comme un ſeul vouſſoir agiſſant à cauſe de ſa forme de coin contre ſa moitié inférieure jointe à tout le piédroit pour le renverſer; & par la comparaiſon des rapports de la ſurface de ce vouſſoir avec le diamétre de la voûte, la nature de ſa courbe, la longueur de ſa clef, la hauteur du piédroit, & même des différents poids dont ce piédroit pouvoit être chargé ſuivant les circonſtances, ils ont trouvé par les régles de la Méchanique, les expreſſions algébriques des puiſſances qu'il convient d'oppoſer, dans tous les cas, à ces différents efforts pour être en équilibre avec eux. (1)

(1) Dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, années 1704, 1712, 1726, 1727, 1728, 1729, 1730, *dans le troiſiéme tome du Traité de la coupe des pierres, de M. Frezier, chap. XII*, ainſi que dans la *Science des Ingénieurs, de M. Belidor, l. II*, on trouve développées toutes les circonſtances de la méchanique des voûtes.

C'eſt donc en nous appuyant ſur les principes reconnus univerſellement, touchant la pouſſée des voûtes, & en les faiſant marcher en parallele avec les proportions des meilleures conſtructions de même genre, que nous nous propoſons, ſuivant la promeſſe que nous en avons faite *page 185 de nos Mémoires ſur les objets les plus importants de l'Architecture* (1), d'examiner l'exécution du dôme projetté pour couronner l'Egliſe de Sainte Génevieve, & de comparer les dimenſions des ſupports qui lui ſont deſtinés relativement à la pouſſée & à ſon poids.

En conſéquence, nous allons expliquer d'abord l'eſſence de la conſtruction d'une coupole élevée ſur des pendentifs, & quel doit être le rapport ou l'enchaînement de ſes différentes parties pour avoir la ſolidité requiſe; & afin de confirmer par des exemples ce que nous dirons à ce ſujet, nous en ferons remarquer l'application dans la conſtruction des ouvrages les plus eſtimés en ce genre.

Enſuite nous examinerons comparativement aux principes reconnus & aux exemples propoſés, ſi l'on peut eſpérer d'élever un dôme ou une voûte, ſoit ſphérique, ſoit ſphéroïde, avec une apparence de ſuccès, au centre de l'Egliſe de Sainte Génevieve, ſur les piliers déjà exécutés.

ARTICLE PREMIER.

De la Conſtruction des Coupoles élevées ſur des Pendentifs.

UNE Coupole placée ſur des pendentifs à la rencontre des bras de la croix d'une Egliſe, eſt par ſon plan un cercle inſcrit dans un quarré ou un octogone preſque toujours irrégulier, dont le tambour ou la tour ne porte que ſur quatre points, ſoit au milieu des côtés du quarré, ſoit au milieu des grands côtés de l'octogone. Or ces grands côtés étant d'ordinaire ouverts par des arcades, il réſulte qu'une coupole, vû ſa poſition, ſe trouve alors ſoutenue au-deſſus des voûtes d'une Egliſe préciſément ſur la clef des arcs formant la réunion des bras de la croix, & par des encorbellements au droit des angles, ſi c'eſt un quarré; & au droit des petits côtés, ſi c'eſt un octogone irrégulier.

Avant de déterminer les dimenſions des piliers du rez-de-chauſſée

(1) Cet ouvrage ſe vend à Paris chez Rozet, Libraire, rue S. Séverin, ainſi que les *Monuments élevés en France à la gloire de Louis XV*, du même Auteur.

d'une Eglise, destinés à porter une coupole, il faut auparavant décider le diamétre de la tour, sa décoration, son épaisseur, la hauteur de ses piédroits, & la courbe de sa voûte ou de ses voûtes, si l'on en veut admettre deux : car il est évident que ce n'est que par la connoissance de ce qui sera porté que l'on peut parvenir à établir sûrement la solidité des supports : en user autrement, ce seroit opérer au hasard.

Les Architectes employent différents procédés pour terminer les coupoles. Les uns les exécutent avec une seule voûte : les autres les font à double voûte : D'autres ajoutent quelquefois au-dessus un dôme de charpente pour couronner leur extérieur. On exécute aussi différemment les tambours ; tantôt on contient l'effort des voûtes, en construisant leur mur d'une épaisseur uniforme, tantôt au contraire on distribue au pourtour de la tour, des contreforts vers lesquels on rejette tout le poids & la poussée : ce sont des raisons de construction qui occasionnent ces variétés. Comme notre intention n'est pas de donner ici un traité de la Méchanique de toutes les espéces de voûtes, mais seulement de mettre chacun à portée d'apprécier l'insuffisance des piliers de l'Eglise de Sainte Génevieve pour porter un dôme dans le cas le plus favorable, nous nous bornerons à démontrer quelles doivent être les dimensions des supports d'une coupole simple, en nous servant de principes de la certitude desquels on ne puisse douter.

Une coupole étant d'ordinaire un morceau de décoration destiné à faire l'ornement d'une Ville, & à annoncer de loin sa magnificence, la forme n'en sauroit être absolument arbitraire ; & ce n'est qu'autant que l'on parvient à lui donner un aspect gracieux sans sortir du caractère convenable à sa destination, c'est-à-dire à un Temple, que l'on réussit. On a déjà tant construit de ces ouvrages qu'on est en quelque sorte d'acord sur ce qui constitue leur vraie beauté. Si l'on fait la voûte d'une coupole plein ceintre ou surbaissée, il est d'expérience qu'elle aura l'air écrasé & sans agrément, si au contraire on la tient d'une courbe très allongée, alors elle dégénerera en un large clocher, ou un espéce de pyramide de mauvais goût & sans proportion. Entre ces deux extrêmes, & pour éviter l'inconvénient du pesant ou du mesquin, il y a sans doute un milieu à saisir.

Fontana, savant Architecte du siècle dernier a donné dans son Ouvrage intitulé : *Descriptione del Tempio Vaticano, l. V. Ch.* XXIV, des régles sûres pour trouver les proportions les plus agréables des coupoles simples,

afin

afin de produire à la fois un bon effet en dedans & en dehors ; comme il feroit difficile de rien ajouter à ce qu'il a dit à ce fujet, d'après les meilleurs modèles d'Italie, nous ne pouvons mieux faire que de le rapporter.

Après avoir établi le diamétre CC, *planche I, figure I,* du tambour d'une coupole, la grande corniche A, & la proportion du piédeftal intérieur ou focle B, il faut prendre pour hauteur de la décoration du dehors du tambour, la longueur de fon demi-diamétre total, c'eft-à-dire, y compris fon épaiffeur de mur ou de piédroit, que l'on trouvera comme il fera dit ci-après ; & en divifant cette hauteur trouvée DE en quatre parties égales, les trois fupérieures DD donneront l'élévation des colonnes ou pilaftres avec leur entablement, & la quatrieme reftante DE fera pour celle du piédeftal, à moins que les toits de l'Eglife n'y mettent obftacle. Le demi-diamétre du dedans-œuvre de la coupole donnera au contraire la proportion de la décoration intérieure du tambour : en plaçant cette moitié fur le piédeftal B, on obtiendra fa hauteur totale, dans laquelle fera comprife le petit piédeftal F deftiné à recevoir la voûte.

On parviendra enfuite à déterminer la courbe de la coupole que l'on conftruit d'ordinaire en briques, en divifant le diamétre du dedans du tambour en 12 parties égales, & en portant une de ces parties au-deffus du petit piédeftal F, en G, la droite GG coupant à angles droits l'axe de la coupole, fera la ligne diamétrale où l'on établira fes différents centres. Pour les trouver, du point d'interfection H, il faut tracer un demi-cercle I, I, puis porter de part & d'autre du point H, & du fommet de ce demi-cercle une des 12 parties en queftion, & en tirant les lignes KI, K'I, on aura la largeur de l'œil de la lanterne vers le haut de la voûte : après cela, en partageant HK en deux également, on aura quatre points K, L, L', K', dont les deux K, K' ferviront à tracer chaque côté de la courbe intérieure M de la voûte, & les deux autres ferviront à tracer la courbe extérieure N, dont la naiffance fera une retraite convenable en dehors fur le piédeftal qui la reçoit (3), laquelle courbe N fe divifera en trois parties, dont l'inférieure indiquera la place d'un des cercles de fer O. Quant à la proportion de la lanterne R, on la fixera en lui donnant pour

(3) Il eft à obferver que Fontana ne parle pas pofitivement de l'épaiffeur de la voûte, mais que dans fon deffein il lui donne par le bas, la moitié de l'épaiffeur du mur de la tour, allant toujours en diminuant jufqu'au col de la lanterne, où cette épaiffeur fe trouve réduite prefqu'au quart de celle du mur de la tour : proportion qui nous paroît ne pouvoir s'écarter de la vérité, eu égard à l'ifolement de la voûte, au poids de la lanterne qu'il fait porter fur fon fommet, & à tous les exemples de voûtes expofées aux injures du temps.

hauteur, ſans comprendre la boule & la croix, le quart du diamétre intérieur CC.

Enfin on aura l'épaiſſeur P du tambour, néceſſaire pour contreventer la coupole, en partageant le diamétre CC de ſon dedans-œuvre en 10 parties égales, & en donnant à ſon mur uniformément une de ces parties; & pour ce qui eſt de l'épaiſſeur du piédeſtal Q ou F, qui porte la naiſſance de la voûte, il ſuffira de lui donner les trois quarts d'une des 10 parties en queſtion.

Pour appuyer l'épaiſſeur qu'il aſſigne au mur pourtour d'une coupole, Fontana cite pluſieurs dômes de Rome où ces régles ſe trouvent en quelque ſorte obſervées, tels que la coupole de S. André *della Valle*, qui a intérieurement 74 palmes & demie de diamétre, & 7 palmes & demie d'épaiſſeur de mur, c'eſt-à-dire, un peu plus de la dixiéme partie de ſon diamétre (4).

La coupole *di S. Carlo à Catinari*, qui a 72 palmes de diamétre, & des murs épais de 7 palmes un quart.

La coupole *della Madona de Miracoli*, qui a 78 palmes trois quarts de diamétre; & 7 palmes deux tiers d'épaiſſeur.

La coupole de l'Egliſe de Jéſus, qui a 78 palmes de diamétre, avec des murs de 7 palmes trois quarts d'épaiſſeur.

La coupole *di Santa Margarita in monte Fiaſcone*, qui a 115 palmes de diamétre, avec des murs conſtruits de tuf, leſquels ont 13 palmes un quart d'épaiſſeur, c'eſt-à-dire, environ la neuviéme partie de ſon diamétre (5). D'après ces proportions fondées ſur l'expérience, cet Architecte conclud qu'on ne ſauroit ſe diſpenſer de donner au moins pour épaiſſeur aux murs deſtinés à porter les coupoles ſimples ſur pendentifs, la dixiéme partie de leur diamétre intérieur, pourvû toutefois, dit-il, qu'ils ſoient conſtruits de bons matériaux bien durs; que quand on voudra les bâtir en pierres legéres, il ſera à propos de leur donner au moins la neuviéme par-

(4) La palme a huit pouces, 3 lignes, 6 points, du pied de Roi.

(5) On peut ajouter à ces exemples, que le Dôme de Sainte Marie des Fleurs à Florence, qui eſt un octogone portant uniformément ſur ſes gros piliers, a 182 palmes de diamétre, & 24 palmes d'épaiſſeur de mur pourtour, ce qui en fait environ la ſeptiéme partie; & que le dôme du Panthéon à Rome, dont le diamétre eſt 193 palmes 2 tiers, à des murs pourtour de 30 palmes d'épaiſſeur, c'eſt à-dire, de plus du ſixiéme de ſon diamétre.

Dans le cours de nos voyages en Italie, en Angleterre, en Hollande. dans une partie de la France & de l'Allemagne, nous avons beaucoup examiné la conſtruction de la plupart des coupoles & des voûtes ſphériques ou ſphéroïdes, élevées dans ces différents pays, & nous n'en avons pas remarqué de quelque étendue dont l'épaiſſeur des murs, lorſqu'elle eſt uniforme, ne fût à peu près le dixiéme de leur diamétre.

tie de leur diamétre ; & qu'enfin, pour contenir des coupoles à double voûtes, il faudra encore donner davantage d'épaiſſeur à leurs murs.

Si, de ces preuves de fait, on paſſe aux préceptes que fournit la Méchanique pour déterminer l'épaiſſeur du mur qui doit porter à rez-de-chauſſée une voûte ſphérique ou ſphéroïde dont on connoît le diamétre, la courbe de la voûte, le poids dont elle peut être chargée à ſon ſommet, & la hauteur des piédroits, on trouve que ces ſortes de voûtes pouſſent environ la moitié moins que celles en berceau ſimple, de même nature, diamétre, épaiſſeur ou charge, & que par conſéquent, en ne donnant à leurs murs ou piédroits, que la moitié de l'épaiſſeur des voûtes en berceau, conditionnées de même, ils auront toute la force néceſſaire pour être en équilibre avec la pouſſée. C'eſt de cette maniere que M. Frezier, dans le troiſiéme Tome de ſon *Traité de la coupe des pierres, Chapitre XII*, conſidére la pouſſée des voûtes ſphériques & ſphéroïdes : il la rapporte à l'action qu'exerce contre ſes ſupports, une voûte en arc de cloître dont le plan ſeroit compoſé d'une infinité de côtés devenus ſi petis qu'ils ſeroient ſenſiblement confondus avec le cercle dans lequel le polygone ſeroit inſcrit.

Faiſons l'application de ces principes à la voûte de Fontana, pour découvrir le rapport de ſa régle pratique avec la Théorie, & en quoi l'épaiſſeur de ſon piédroit différe de celle aſſignée pour l'équilibre : on y parviendra en fixant le diamétre de cette voûte, ſon épaiſſeur & la hauteur de ſes piédroits. Soit le diamétre 63 pieds, la courbe de la voûte ſurmontée d'un douziéme, la hauteur des piédroits 36 pieds, & l'épaiſſeur réduite pour la demi-voûte 24 pouces, ce qui ſera à peu près 18 à 20 pouces vers le col de la lanterne ; dimenſion qui eſt démonſtrative relativement aux circonſtances. En effet, l'épaiſſeur d'une voûte iſolée ſur ſes ſupports & expoſée par ſa grande élévation à toutes les injures de l'air, doit être néceſſairement bien différente de celle d'une voûte à couvert ſous un toît de charpente, & dont les reins peuvent être fortifiés de toutes parts : elle ſe doit régler encore par ſon étendue, & par la conſidération du fardeau qu'elle ſera contrainte de porter ſur ſon ſommet : il faut qu'elle ſoit en état de ſoutenir une couverture de plomb, la lanterne qui la couronnera, la neige qu'elle ſera quelquefois obligée de recevoir ; en un mot qu'elle ſoit capable de réſiſter à la violence des ouragans & aux autres cauſes phyſiques qui peuvent concourir à ſa deſtruction. Il eſt évident que toutes

ces considérations exigent de tenir une voûte extérieure beaucoup plus épaisse que lorsqu'elle est à l'abri, & qu'elle n'a point d'inconvéniens à prévenir (6). En faisant les calculs de cette voûte, comme si elle étoit seulement en berceau surmonté, on trouvera, par l'application de la formule donnée par Belidor dans *sa Science des Ingénieurs*, *Liv. II.* 9 pieds d'épaisseur de piédroit pour puissance en équilibre, & en prenant la moitié de cette mesure, attendu que la voûte qui fait l'objet de notre examen, est spheroïde, on aura pour l'épaisseur cherchée, du piédroit, 4 pieds 6 pouces (7).

Mais, comme l'on sait que dans la pratique, l'épaisseur indiquée par la Méchanique ne suffit pas, il sera à propos d'ajouter en sus, afin que la puissance résistante soit supérieure à celle qui doit agir. Quand les voûtes ont à peu près 7 ou 8 toises de diamétre, il est d'usage d'augmenter cette épaisseur d'environ un pied, & de donner davantage, à proportion que la grandeur de la voûte s'accroît, ou que des circonstances locales paroissent le demander, comme pourroit être le cas d'une coupole portée en l'air sur 4 points quelquefois à plus de 100 pieds: car il n'est pas douteux que son exécution ne demande bien d'autres considérations, à cause de sa position extraordinaire, que si elle étoit placée à rez-dechaussée, sans sujettion quelconque. En se contentant d'augmenter seulement d'un pied l'épaisseur du piédroit 4 pieds 6 pouces, pour se mettre en force au-dessus de l'équilibre; & en ajoutant encore 6 pouces au moins, tant à cause de la position de la voûte sur pendentifs & du poids de la lanterne que nous n'avons pas fait entrer dans les calculs, lequel en agissant sur son sommet, éloignera son centre de gravité, qu'à cause des impressions de l'humidité, qui, en s'incorporant aisément dans les pores d'une voûte extérieure, la surcharge souvent d'un poids très-considérable, & augmente en conséquence l'effort contre ses piédroits, il s'ensuit que l'épaisseur cherchée de la tour ne sauroit s'écarter de 6 pieds, & que la régle de Fontana, en indiquant de donner 6 pieds 3 ou 4 pouces dans

(6) M. Couplet dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences de* 1729, a essayé de déterminer par une formule la moindre longueur des voussoirs d'une voûte en pierre, pour qu'elle puisse se soutenir en équilibre par l'énergie seule de ses parties, & a fait voir qu'une voûte de 28 pieds de diamétre, éxigoit 17 pouces 10 lignes $\frac{1}{4}$ d'épaisseur; c'est pourquoi en nous bornant à donner à peu près la même épaisseur au sommet d'une voûte sphéroïde qui auroit trois fois plus d'étendue, on ne sauroit nous soupçonner d'exagerer.

(8) A la fin de ce Mémoire on trouvera la solution de ce probléme.

le cas actuel, c'eſt-à-dire le dixiéme du diamétre, 63 pieds, doit être regardée comme une pratique excellente, d'accord avec la théorie, & qu'il ne pourroit être que dangereux de reſtraindre (8).

Nous n'avons parlé juſqu'ici que de l'épaiſſeur uniforme qu'il convient de donner aux murs pourtours d'une coupole élevée ſur pendentifs, pour réſiſter également à ſon action; mais ce procédé n'a gueres lieu que pour des dômes d'un diamétre peu conſidérable; car, lorſqu'ils deviennent d'une certaine grandeur, ou qu'ils doivent être à double-voûte, on trouve beaucoup plus d'avantage d'y repartir des contre-forts, vers leſquels on rejette par des lunettes ou des arcs en décharge tout l'effort, & que l'on conſidére alors comme autant de tranches perpendiculaires comprenant toutes la clef, & allant correſpondre aux côtés oppoſés du diamétre. La tour portant preſque de toutes parts à faux ſur le plan inférieur de l'Egliſe, on parvient par le moyen des contre-forts à alléger le fardeau; & au lieu de le laiſſer porter au haſard ſur les encorbellements, on ſe rend maître de le diriger à volonté vers les endroits les plus ſolides ou les plus capables de réſiſter, tels que les arcs des bras de la croix, & les maſſifs des gros piliers, ſans compter que par leur ſecours on vient à bout de lier le mur de la tour avec les piliers, ce qui n'eſt pas poſſible autrement. On établit l'épaiſſeur des contre-forts, en calculant l'action que la portion de voûte correſpondante peut exercer contre chacun, en ayant égard, comme de coutume, à la nature de la courbe du dôme, à ſon diamétre, à ſon épaiſſeur, & au fardeau dont il peut être chargé.

Tout le poids & la pouſſée d'une coupole étant par ce procédé rejettés vers des points d'appui principaux, il eſt manifeſte que leur épaiſſeur doit être plus grande que ne ſeroit celle des murs, ſi la voûte y étoit ſoutenue également, & que même cette épaiſſeur doit varier ſuivant les circonſtances particulieres de leur largeur ou de leur eſpacement. C'eſt pourquoi, comme il ne ſauroit y avoir de régles préciſes à cet égard, nous nous bornerons à remarquer que lorſqu'un plan eſt circulaire, il faut bien ſe garder de trop eſpacer les contre-forts, de crainte qu'à cauſe de

(8) Les Italiens eſtiment que la rupture ne ſe fait pas toujours au milieu de la demi-voûte lorſque le piédroit eſt trop foible; mais qu'elle s'opére auſſi quelquefois vers ſon tiers inférieur, & que parconſéquent il eſt plus ſûr de la conſidérer depuis cet endroit. Relativement à cette obſervation qui nous a été faite par le Pere Boſcovich, Correſpondant de l'Académie des Sciences; il réſulte que la ſurface du vouſſoir qui agit contre le piédroit devenant plus conſidérable, on trouve une épaiſſeur plus grande ſuivant cette maniere de calculer.

ſon effort excentrique, la voûte ne ſouffle dans leur intervalle; que, quand on les eſpace du double de leur largeur, leur épaiſſeur eſt à peu près ſemblable à celle donnée par les formules pour les voûtes en berceau de même nature, diamétre, épaiſſeur & charge, & qu'enfin dans tous les exemples de conſtruction de ce genre, jamais l'épaiſſeur des contre-forts n'eſt au-deſſous du huitiéme de leur diamétre intérieur, ainſi qu'on le verra par la ſuite.

Pour ce qui eſt des murs compris dans leur intervalle, ce ſont des conſidérations particuliéres qui déterminent leur épaiſſeur, telles que la ſaillie des pendentifs, ou l'obligation dans laquelle ils ſe trouvent de ſoutenir des platebandes, des ſaillies de corniche, &c.

L'épaiſſeur uniforme des piédroits, ou celle des contre-forts néceſſaires pour ſoutenir la pouſſée d'une coupole, étant décidée, on ajoute au-delà les décorations d'Architecture, & l'on place vers le bas de la tour un eſpéce de ſoubaſſement ou grand piedeſtal qui lui ſert particuliérement de fondation, & qui comprend tant en dedans qu'en dehors toutes les ſaillies. A l'aide de cet arrangement on vient à bout, malgré la différence des plans ſupérieurs & inférieurs, de réunir toutes les parties de la tour, & de les empêcher d'agir ſéparément ſur les encorbellemens & ſur les gros piliers de l'Egliſe.

Mais, de même que dans le bas de toutes les fondations ordinaires, on met de bons empatemens ou des corps avancés pour fortifier leur aſſiéte ſur le ſol, il n'eſt pas moins eſſentiel d'en placer au bas de la tour d'un dôme ſur pendentifs à ſa jonction avec les voûtes des bras de la croix, dans l'intervalle d'un pilier à l'autre, & c'eſt proprement ce qu'on appelle *contreventer* (9). On emploie pour cela quatre différens procédés : le premier conſiſte à diſtribuer de diſtance en diſtance autour du piédeſtal des éperons dirigés vers l'axe du dôme que l'on lie quelquefois entre eux par des arcs renverſés ; c'eſt ainſi qu'on en a uſé à S. Paul de Londres, dont on voit le profil du bas de la tour A, *figure* *, *plan-*

(9) On ſentira l'obligation de fortifier la fondation de la tour d'un dôme ſur pendentifs, en faiſant attention que dans toutes les voûtes la pouſſée agit de préférence contre le pied extérieur de ſon piédroit ou de ſes contreforts ; endroit que les Méchaniciens ont appellé pour cela *l'Hyppomochlion* ou le point d'appui de la puiſſance. On lit dans la *Science des Ingénieurs de Belidor Liv. II, page 29*, un exemple qui prouve combien il eſt dangereux de ne pas fortifier le bas des piédroits d'une voûte, & qu'il a été témoin de la chûte d'un magaſin à poudre bien conſtruit & avec des murs d'une bonne épaiſſeur pour réſiſter à la pouſſée, uniquement parce qu'on avoit négligé la précaution d'y former des empatemens.

che I : le fecond à laiffer uniformément tout au pourtour un large empatement, tel que celui B, *fig.* *, lequel a lieu au bas de la coupole de l'Eglife de S. Ignace à Rome : le troifiéme à rejetter par des arcs-boutans toujours dirigés vers le centre, l'effort du bas de la tour contre les maffifs voifins, comme on l'a pratiqué au dôme des Invalides C, *fig.* * : enfin le quatriéme procédé qui eft le plus ordinaire, & dont on a fait ufage à S. Pierre de Rome D, *fig.* * confifte à contreventer le bas du piedeftal par une forte voûte en berceau, placée le long des bras de la croix, & appuyée vers l'extrémité oppofée par un bon mur; laquelle voûte fait alors précifément l'office d'un contrefort placé horifontalement, & embraffant le pourtour du ventre du piedeftal entre les piliers. Il ne fubfifte pas d'exemples où l'on n'ait contreventé le pied des coupoles de l'une de ces maniéres ; & l'on ne fauroit s'en difpenfer que dans le cas où, à raifon du grand relief des décorations d'Architecture au-delà de l'épaiffeur néceffaire des piédroits, le piedeftal auroit par lui-même une faillie fuffifante pour opérer cet effet.

Après avoir fixé les proportions du tambour d'une coupole, & être convenu de la maniére de le contreventer, il faut difpofer les gros piliers d'une Eglife, qui font d'ordinaire cantonnés dans les angles de la croix, de maniere à pouvoir porter ce fardeau confidérable avec folidité. Nous avons dit qu'un dôme fur pendentifs étoit foutenu fur la clef des arcs formant la réunion des bras de la croix, & dans les angles par des encorbellements. Cette pofition, en indiquant comment doit agir le dôme contre fes piliers, fait voir conféquemment comment fe peuvent confidérer leurs dimenfions pour réfifter à fes efforts. Puifqu'une partie du dôme doit être portée fur la clef des arcs, il eft donc effentiel de conftruire ces arcs en pierre dure, de même que leurs piédroits, & d'une proportion relative au fardeau : leur largeur eft toujours donnée par l'épaiffeur du bas du piédeftal qui éleve la tour ; la hauteur de clef par le poids qu'ils doivent recevoir ; & l'épaiffeur defdits piédroits convenables pour contenir des arcs auffi chargés, fe trouve par les calculs : il ne peut y avoir de doute à ce fujet ; toujours dans un édifice les parties inférieures & fupérieures doivent avoir une certaine correfpondance qui garantiffe leur folidité.

Quant à l'action des pendentifs contre le pilier du côté de l'intérieur du dôme, il n'eft pas moins évident que la partie de la tour portant à faux au-deffus de cet endroit & agiffant du côté du pan-coupé, ne faffe

auſſi de très-grands efforts pour le renverſer, & qu'ainſi il ne lui faille uniformément dans cette direction une épaiſſeur ſuffiſante pour réſiſter. Dans les exemples on remarque que cette épaiſſeur eſt toujours deux & trois fois plus conſidérable que la ſaillie de l'encorbellement; & par les calculs on trouve qu'il la faut plus d'une fois & demie: mais nous ne nous arrêterons pas à cette ſpéculation, parce qu'elle devient d'ordinaire inutile, quand on a donné une largeur ſuffiſante à chaque côté du pilier en retour des bras de la croix, vû qu'en prolongeant cette épaiſſeur de façon à ſe rencontrer à angle droit derriere le pan-coupé du pilier, on obtient les dimenſions dont on a beſoin pour contenir l'action d'une coupole dans tous les ſens (10).

Tels ſont les principes généraux qui conſtituent la bonne & ſolide conſtruction des ſupports d'un dôme ſur pendentifs, & leur relation avec ſa tour. Ils ſont abſolument les mêmes que pour l'exécution des bâtimens ordinaires, où le fort doit toujours porter le foible, où toutes les parties ſupérieures doivent être ſoutenues ſur les inférieures ſans porter à faux; où tout en un mot doit être élevé depuis les plus baſſes fondations juſqu'au faîte avec empatement, en retraite ou en talud, & de maniere que ce qui porte ait ſans ceſſe un caractere de ſolidité apparente par rapport à ce qui eſt porté. Les piédroits d'une coupole ſont néceſſités à avoir une épaiſſeur proportionnée à l'étendue de la voûte & à ſa pouſſée: le bas des piédroits demande à être acôté à cauſe du changement de plan, comme le ſont toutes les fondations. Les quatre points d'appui, c'eſt-à-dire la clef des grands arcs des bras de la croix, ſont obligés d'avoir une hauteur & une largeur correſpondantes avec le poids du dôme & l'épaiſſeur de ſes piédroits ou contreforts: Enfin chacun des gros piliers de l'Egliſe ne peut ſe diſpenſer d'avoir d'abord une largeur poſitive le long de la nef au moins égale à l'arc deſtiné à porter la tour ſur ſon ſommet, c'eſt comme une jambe ſous poutre qui doit monter de fond ſans interruption; & enſuite d'avoir une épaiſſeur cubique ou

(10) Il faut bien ſe garder de confondre les proportions d'un pilier deſtiné à porter un cul de four ou une calotte ſur pendentifs avec celle d'un pilier deſtiné à porter une tour de dôme de même diamétre auſſi ſur pendentifs. Dans le premier cas, en conſtruiſant les voûtes des bras de la croix en berceau & d'une certaine épaiſſeur, on peut par ce moyen rejetter tout l'effort de la pouſſée du cul de four contre les murs des extrémités de l'Egliſe, comme il a été pratiqué à S. Roch, à S. Sulpice & ailleurs, alors le pilier ne faiſant plus que la fonction de porter n'a pas beſoin d'autant de force que dans le ſecond où il eſt d'obligation de porter & de contrebuter à la fois le poids du dôme: c'eſt pourquoi il ne ſauroit y avoir de comparaiſon.

massive, capable de s'opposer, non-seulement au poids extraordinaire, placé directement sur l'arc qu'il soutient, mais encore à celui placé en encorbellement au droit du petit côté de l'octogone. Ce sont là les régles que l'on trouve mises en œuvre, dans les ouvrages des Michel Ange, des Fontana, des Wren, des Mansards & des plus habiles constructeurs: Il ne sauroit y en avoir d'autres qui ne dérogent au bon sens & à la solidité (11). On en va juger par l'exposé des rapports de construction des coupoles les plus estimées que nous considérerons, en faisant abstraction de la nature de leurs voûtes, pour généraliser nos principes.

Le dôme de S. Pierre de Rome a 127 pieds de diamétre, avec 16 contre-forts de 21 pieds d'épaisseur, sans leurs décorations d'Architecture, lesquels sont distants l'un de l'autre d'environ quatre fois leur largeur; l'épaisseur du mur, entre ces points d'appui capitaux, est égale à la saillie des pendentifs, de sorte que les contre-forts au-dessus de ces endroits portent à plomb du massif des piliers, ce qui lie la tour du dôme avec eux. La tour est élevée sur un grand piédestal de 27 pieds d'épaisseur, embrassant tous les murs & les saillies quelconques, tant intérieures qu'extérieures, dont le pied est contre-venté le long des bras de la croix par une voûte D, *fig. * pl. I.* de près de 7 pieds d'épaisseur vers la clef: l'arc de la rencontre des bras de la croix a en retour, ainsi que son piédroit, 29 pieds de largeur, sur près de 57 pieds d'épaisseur. On peut voir *pl. II, fig. XI.* les rapports des parties supérieures & inférieures de cet ouvrage (12).

Le dôme de S. Paul de Londres a 102 pieds de diamétre: comme le plan de la rencontre des bras de la croix est un octogone régulier, la saillie des pendentifs est peu considérable dans les angles; les contre-forts de la tour sont au nombre de 24, y compris 8 corps de maçonnerie cantonnés à plomb des gros piliers, & ont 14 pieds d'épaisseur,

(11) Le Pere Guarini, Architecte Italien, ayant entrepris au commencement de ce siécle d'élever une vaste coupole pour couronner l'Eglise de S. Philippe de Néri à Turin, & ayant négligé de donner à ses supports les dimensions nécessaires, l'on sçait que sa voûte tomba le 30 Mars 1715, peu après son exécution, & entraîna la chûte de toute l'Eglise.

(12) Ce fut Bramante qui donna le premier dessein de S. Pierre, & l'on peut dire qu'il entreprit ce Monument sans avoir étudié les dimensions qui convenoient à ses supports pour porter & contreventer sa coupole: aussi les quatre arcs des bras de la croix furent-ils à peine déceintrés qu'ils menacerent de renverser les piliers: il fallut doubler leurs proportions; & ce fut Michel Ange qui, plus éclairé que ses contemporains, eut enfin la gloire de donner à ce premier édifice de l'Univers la solidité qui lui manquoit. Lorsque ce dernier fut chargé de cet important ouvrage, il fit en 15 jours un modèle qui ne couta, dit-on, que 25 écus Romains, lequel fut trouvé si bien entendu pour la construction, que, bien que la coupole n'ait été exécutée que plus de 30 ans après sa mort, on ne crut pas devoir y rien changer. *Voyez les descriptions de S. Pierre par Fontana & Boi·*

ſans compter trente-deux éperons, d'environ 8 pieds de ſaillie ſur 4 pieds dépaiſſeur ſervant à contreventer le bas de la tour, & qui ſont liés de l'un à l'autre par deux arcs renverſés : on peut remarquer leur diſpoſition ſur le plan en A, *pl. II*, *fig. X*, & leur élévation en A, *pl. I*, *fig.* *. La largeur de l'arc & celle des piliers du dôme le long des bras de la croix, eſt 26 pieds. L'épaiſſeur de ces piliers eſt percée très-induſtrieuſement par les bas-côtés qui ſe réuniſſent de part & d'autres dans chaque angle par un cul-de-four en vouſſure, qui rejette tout l'effort de la partie de la coupole correſpondante contre un gros maſſif qui eſt addoſſé. Il eſt à obſerver qu'on n'a donné une auſſi grande largeur le long de la nef à ces piliers, qu'afin de les mettre en état de porter & de contreventer eux ſeuls tout le dôme, vu que les voûtes des bras de la croix étant conſtruites à la légére & non en berceau, ne pouvoient être d'aucun ſecours à cet égard (13).

Le dôme de la Sorbonne à Paris, *fig. VIII*, *pl. II*, a 38 pieds de diamétre : il a 8 contre-forts de 6 pieds d'épaiſſeur, portés ſur les grands arcs ſeulement, & non ſur les pendentifs : ils ſont diſtans l'un de l'autre d'environ trois fois leur largeur : l'épaiſſeur du mur de la tour du dôme eſt à peu près égale à la ſaillie des pendentifs : le bas de ſon piédeſtal eſt fortifié par une voûte ſolide : l'arc a 6 pieds & demi, & la largeur des piédroits peut être conſidérée comme ayant au-delà de 7 pieds.

Le dôme du Val-de-Grace, *fig. IX*, *pl. II*, a 51 pieds de diamétre, & 16 contre-forts de plus de 8 pieds d'épaiſſeur, eſpacés l'un de l'autre de deux fois & demi leur largeur : l'épaiſſeur du mur de la tour eſt encore égale à la ſaillie des pendentifs, de ſorte que les contre-forts placés au droit des piliers portent, comme à S. Pierre, immédiatement ſur leur maſſif : le bas du piédeſtal eſt contreventé par les voûtes des bras de la croix : l'arc a environ 9 pieds, & la largeur des piliers, eſt de 10 pieds

(13) Nous avons entrepris exprès le voyage d'Angleterre pour étudier cet admirable conſtruction, dont nous eſpérons faire part des détails au Public. L'Auteur de ce Monument fut le Chevalier Wren, à la fois grand Géométre & habile Architecte, deux qualités très-compatibles, bien qu'elles ſe trouvent rarement réunies. Les Anglois, pour honorer le mérite de cet homme célébre, lui ont accordé le Privilége excluſif, ainſi qu'à ſa famille, d'être inhumé dans ce Temple. Son Tombeau conſiſte en une tombe avec ſon ſeul nom, auprès de laquelle on lit l'inſcription ſuivante qui eſt d'une ſimplicité vraiment ſublime :

Subtùs conditur
Hujus Eccleſiæ & urbis conditor
Chriſtophorus Wren
qui vixit annos ultrà nonaginta,
non ſibi, ſed bono publico :
Lector, ſi Monumentum requiris
CIRCUMSPICE.
Obiit XXV *Feb. Anno M* DCC XXIII.

Le dôme des Invalides a 73 pieds de diamétre, *fig. VII*, *pl. II*; ses contre-forts ont 10 pieds, & sont placés à plomb des gros piliers: ses pendentifs n'ont gueres que 4 pieds de saillie : à plomb de la clef des arcs, il y a un piédroit dont l'épaisseur est environ le dixiéme du diamétre : la tour est élevée sur un soubassement de 10 pieds d'épaisseur, dont le bas est contreventré par des arc-boutants au droit du vuide des bras de la croix, & en outre accoté par des voûtes solides : on voit en C, *pl. I*, *fig.* * cet arrangement. Enfin la largeur des piliers de l'Eglise est d'environ onze pieds.

Nous n'avons point parlé de l'épaisseur de la plupart des piliers, parce qu'à l'exception de ceux de S. Pierre, l'épaisseur des autres n'est pas bien distincte dans le bas de l'Eglise, & se confond soit avec les murs de séparation des chapelles, soit avec d'autres parties adjacentes entre lesquelles elle se trouve comme enclavée. Cependant, sans beaucoup d'erreur, les piliers du Val-de-Grace peuvent être considérés comme ayant plus de 14 pieds d'épaisseur; ceux de la Sorbonne au moins 12 pieds; ceux des Invalides environ 15 pieds; & ceux de Saint Paul de Londres, bien qu'ils n'ayent en apparence que 10 pieds, peuvent être appréciés avoir plus de 26 pieds d'épaisseur, en les prenant à l'endroit de leur massif, c'est-à-dire, au-dessus des arcades qui leur sont adossées, & qui les lient avec les grands corps de maçonnerie où sont pratiqués des escaliers.

TABLE de comparaison entre les dimensions des ouvrages précédents.

	Diamétres. des Dômes.	Hauteurs sous les Coupoles.	Largeurs des Piliers.	Epaisseurs des Piliers.	Epaisseurs des Contre-forts.
S. Pierre de Rome.	... 127 *pi.*	.... 310 *pi.*	....29 *pi.* ..	... 56 ...	... 21 *pi.*
S. Paul de Londres.	.... 102. ..	...253...	.... 26....	... 26 ...	... 14
La Sorbonne.....	.... 38 ...	... 104...	.... 7....	... 12.,.	 6
Le Val-de-Grace...	.... 51 ...	... 124 ...	..... 10...	... 14 ...	 8
Les Invalides....	.... 73 ...	... 182 ...	..... 11 ...	... 15 ...	... 10

Il résulte de tout ce que nous avons dit sur les proportions des supports des coupoles, que l'épaisseur des murs du tambour doit être au moins le dixiéme de leur diamétre intérieur; que l'épaisseur des contre-forts, lorsqu'on en admet, roule du sixiéme au huitiéme de leur diamétre; & qu'enfin la largeur des piliers destinés à porter un dôme

ſur pendentifs , eſt, ſuivant les exemples, depuis le quatriéme de leur diamétre juſqu'au ſeptiéme incluſivement, quelle que ſoit la nature de la voûte. Nous ne connoiſſons point de voûtes ſphériques ou ſphéroïdes de quelque étendue, dont les ſupports dérogent à ces régles générales : & nous ne croyons pas même qu'ils puiſſent y en avoir de contraires, parce qu'elles ſeroient oppoſées aux principes établis de l'équilibre & de la peſanteur, ſur leſquels eſt fondée la ſolidité des bâtimens.

ARTICLE SECOND.

Preuves de la diſproportion des piliers de l'Egliſe de Sainte Génevieve, & du peu d'apparence d'y pouvoir élever une coupole avec ſolidité.

NOUS avons établi dans l'article précédent, les régles qui conſtituent la ſolidité des coupoles élevées ſur pendentifs, & prouvé que le ſuccès de leur conſtruction dépend de la relation de leurs diverſes parties, & ſur-tout de la correſpondance entre la largeur des piliers du rez-de-chauſſée de l'Egliſe avec l'épaiſſeur des contre-forts ou piédroits du tambour ; préſentement nous allons nous attacher à apprécier, d'après ces principes, la conſtruction de la coupole qu'il s'agit d'élever au centre de la nouvelle Egliſe de Sainte Génevieve, & quelles doivent être les dimenſions qui conviennent à ſes ſupports.

Avant de procéder à cet examen, il eſt bon de prévenir le Lecteur qu'il ne doit point être étonné de ce que nous entreprenons de prononcer ſur ce dôme, avant qu'il ſoit exécuté, ou que M. Soufflot, chargé de cet important ouvrage, ait jugé à propos de produire ſes moyens de conſtruction : car en y faiſant attention, on s'apercevra qu'il n'eſt beſoin, pour eſtimer d'avance l'exécution d'un pareil morceau, que d'avoir ſous les yeux aſſez de déterminations, à l'aide deſquelles on puiſſe parvenir à apprécier celles qu'on ignore. Il en eſt de ce problême comme de tous ceux de Géométrie, ce qui eſt connu combiné avec ſes rapports, ſert à déterminer la valeur de l'inconnue, & à manifeſter ſi cette derniere eſt réelle ou imaginaire : or le diamétre du dôme, & les dimenſions des piliers qui doivent le porter, étant décidés, on va voir que ces données peuvent, ſans erreur ſenſible, ſervir à déterminer ce qui reſte à conſtruire.

Chacun des piliers destinés à porter le dôme de Sainte Génevieve, n'a véritablement, dans le plan de l'Eglise, que 3 pieds, 9 pouces de largeur en retour sur les bras de la croix; & vers les angles extérieurs de chaque pilier, on a engagé une colonne de 3 pieds, 6 pouces de diamétre par le bas, dont le centre saille en dehors de 3 pouces & demi, de sorte que l'engagement de chaque colonne est de près de 18 pouces.

Outre cette largeur, chaque pilier a d'épaisseur la distance qu'il y a d'un axe de colonne à l'autre, c'est-à-dire, 14 pieds, 8 lignes, avec un pan-coupé du côté du dedans du dôme, de 10 pieds & demi. *Fig. III.*

Si l'on considére encore ces piliers au regard de la force qu'ils peuvent opposer aux pendentifs, on remarquera qu'ils ont dix pieds d'épaisseur, depuis le milieu du pan-coupé jusqu'à la pointe opposée; mais qu'à mesure qu'on approche des deux colonnes en retour des bras de la croix, vers le pli du pilastre, chaque pilier n'a, suivant la direction A B, *fig. III*, que 4 pieds, 3 ou 4 pouces d'épaisseur.

Les espacements des 4 piliers, & leur forme, font aussi connoître que le dôme projetté sera élevé sur des pendentifs saillants de plus de 6 pieds & demi, & aura 63 pieds de diamétre dans le haut, & que les arcades de la rencontre des bras de la croix auront 37 pieds 8 pouces d'ouverture; de sorte qu'en leur supposant une hauteur double de leur largeur, proportion assez usitée en pareille circonstance, il s'ensuit que la coupole sera élevée sur des arcs ayant sous clef 77 pieds d'élévation environ (14).

Il est également aisé de décrire quelle sera la coupole. Tous les desseins, modèles, gravures, médailles, & les descriptions qui ont paru dans le public, ont toujours annoncé qu'il y auroit une tour de dôme, décorée en dehors de colonnes Corinthiennes, de 3 pieds de diamètre environ, distribuées, dans son pourtour, comme il est représenté en plan, *fig. V*, avec des avant-corps couronnés de fronton au-dessus des pendentifs, & qu'il n'entreroit point de charpente dans toute sa construction : cela étant bien constant, on ne pourra gueres donner d'élévation jusqu'à la derniere voûte de couronnement, moins de 2 diamétres $\frac{2}{3}$, pour avoir de la grace à l'extérieur : or, dans cette supposition, que les gens éclairés ne pourront disconvenir, devoir être plutôt en deçà

(14) Il n'est pas inutile d'observer que, relativement à la disposition du plan des bras de la croix, *fig. IV*, & au peu d'épaisseur des murs pour-tours de l'Eglise, leurs voûtes ne pourront être exécutées autrement qu'à la légére, & que par conséquent elles seront inutiles pour contreventer le bas de la tour du dôme.

de la vérité qu'au de-là, la décoration extérieure du tambour aura plus de 40 pieds d'élévation sans le piédestal. Les *fig. IV & II*, expriment en profil cet arrangement.

La courbe extérieure de la voûte du dôme seroit difficile à déterminer, si elle pouvoit être véritablement arbitraire. Dans une Gravure que l'Architecte a publié de son projet en mil sept cent cinquante-sept, lorsqu'il a mis la main à l'œuvre, on remarque deux voûtes demi-sphériques, dont la supérieure porte sur son sommet un piédestal, & l'inférieure un escalier. En jettant les yeux sur la *fig. II*, on s'appercevra que cet amortissement ne pouvoit manquer de paroître très-bas & très-écrasé en exécution. Ce fut vraisemblablement cette considération qui engagea l'Architecte à produire en 1764, une autre forme de couronnement tout opposée au-dessus de la tour, lequel se trouve consacré par la médaille frappée à l'occasion de la pose de la premiere pierre de ce monument : Il consiste aussi en deux voûtes, mais dont la supérieure est une ogive très-surmontée, formée par deux arcs au moins de 60 degrés, dont l'extrados est terminé par un plan droit couvert de gradins, au sommet desquels sera élevé une lanterne ou un grand piedestal en pierre, avec cinq figures colossales (15). Avant de passer à l'examen de cette construction qui a été annoncée pour être le vrai projet de l'Architecte; ne pouroit-on pas faire plusieurs réflexions préliminaires, sur sa singularité. 1°. Ce couronnement est-il admissible pour terminer un Temple? n'y a-t'il pas une forme analogue à sa destination & consacrée par l'usage de tous les tems & de tous les pays, dont on ne peut gueres s'écarter? 2°. Est-il vrai que l'on puisse se promettre en exécution quelque succès du racourci produit successivement par la perspective de tous ces gradins, dont la largeur dérobera sans cesse à la vue la hauteur? 3°. Puisque l'on fait tant que d'affecter en de-hors une tour de dome, d'où vient ne la pas répéter en dedans, à l'exemple de tout ce qui est approuvé en ce genre, pour donner de la grace & de la majesté à l'intérieur de cette Eglise, d'autant que ce défaut seroit facile à corriger en mettant à profit le vuide immense laissé sans aucun sujet, entre les deux voûtes? 4°. En un mot, dans un morceau de décoration d'aussi grande importance, & fait pour annoncer aux siécles à venir la gloire de nos arts, est-ce là le cas de

(15) Dans le *VI Tome* de la derniere édition *des curiosités de Paris*, par Pigagnol, on trouve l'élévation de cet édifice donnée par l'Auteur. Deplus on sait qu'on en a montré publiquement pendant quelque tems un grand modèle en bois : & tous ceux qui connoissent l'Architecte, en ont vu des desseins exposés chez lui

sacrifier la beauté de son ensemble intérieur & extérieur, à un arrangement bisare qui n'a vraisemblablement été imaginé après coup, que dans l'espérance de favoriser l'insuffisance des piliers pour porter une coupole comme à l'ordinaire? Mais, sans nous arrêter dans des discussions qui, par leur nature, seroient capables d'occasionner de grands changemens dans cet ouvrage, bornons-nous à parler de son exécution.

Il est d'expérience qu'une voûte ogive isolée, & formée par des arcs très-surmontés, dont l'extrados doit être terminée par un plan droit, n'est point capable de porter sur son sommet un poids considérable, attendu que la courbe par son grand allongement, fait alors dégénérer les arcs en des murs inclinés l'un vers l'autre, qui, outre qu'ils dirigent défectueusement l'action de la pesanteur du fardeau vers les supports, forment encore un ventre vicieux à cause de son inégalité dépaisseur: aussi prend-on toujours en pareil cas le parti de substituer pour la solidité, un vrai cône ou une pyramide dont les côtés portent uniformément dans toute leur hauteur: les exemples sont formels à cet égard. Ce n'est pas tout, la force des supports de cette prétendue coupole ne paroît pas plus aisé à justifier que celle de sa courbe. Dans la *fig. II*, on voit en élévation des arcs doubleaux *a* rachetant des lunettes *b* dans la voûte supérieure, à dessein sans doute de leur faire porter seuls tout le poids du couronnement, & de soulager en conséquence les parties de mur comprises dans leur intervalle, & par leur disposition *c* en plan *figure V*, no s'apperçoit que ces points d'appui capitaux auront à peine la même épaisseur du mur, sans aucune saillie en dehors comme de coutume, & ne correspondront ni vis-à-vis des colones, ni vis-à-vis des corps avancés X qui pouvoient les fortifier; c'est-à-dire que ce seront des arcs doubleaux qui feront la fonction de contre-forts sans en avoir la proportion, & qui, bien loin de servir à fortifier la tour, se trouveront au contraire plus foibles que le reste de son mur. Cet arrangement paroit si contradictoire à ce qui s'observe d'ordinaire, que nous croyons inutile de nous y arrêter davantage.

C'est pourquoi, au défaut de projets connus, véritablement raisonnés pour la décoration & la construction de cette coupole, nous ne pouvons dans notre examen nous dispenser de nous en tenir à la maniere usitée de terminer ces sortes d'ouvrages: & dans l'intention de considérer la poussée sous le point de vue le plus avantageux, bien que ce soit un fait constant que le projet a toujours été jusqu'ici de couronner ce Mo-

nument par une double voûte, nous ſuppoſerons qu'il n'y en aura qu'une ſeule extérieure, conſtruite en briques, d'une courbe approuvée capable de faire un bon effet au-deſſus de la tour en dedans & en dehors, en un mot, approchante de celle propoſée par Fontana d'après les meilleurs modèles, avec deux pieds d'épaiſſeur réduite au droit de la demie-voûte, ce qui ne feroit qu'environ 18 pouces vers le col du piédeſtal ou de la lanterne. Nous avons rendu raiſon, dans l'article précédent, de cette épaiſſeur qui eſt démonſtrative par la pratique & la théorie.

Ainſi le diamétre du dôme étant connu, la hauteur de ſa tour, l'épaiſſeur & la forme d'une de ſes voûtes par approximation, il ſera aiſé, à l'aide de ce qui a été dit dans l'article précédent, de trouver les puiſſances en équilibre avec la pouſſée, & enſuite de décider ſi les gros piliers de l'Egliſe ont les dimenſions requiſes pour porter ſûrement cet ouvrage.

Attachons-nous d'abord à trouver les réſiſtances qu'il conviendra d'oppoſer à l'action de la coupole. Fera-t'on les murs de la tour uniformément épais dans tout leur pourtour, ou bien y diſtribuera-t'on des contre-forts vers leſquels on rejettera ſon poids & ſa pouſſée?

Dans le premier cas, nous avons vu qu'il y avoit deux façons de déterminer cette épaiſſeur. Si l'on adopte la régle de Fontana fondée ſur tous les exemples, laquelle indique de donner le dixiéme du diamétre intérieur à l'épaiſſeur de la tour, il faudra 6 pieds, 4 pouces, attendu qu'il eſt de 63 pieds. Si l'on ſe ſert au contraire des principes établis pour la pouſſée, dont il a été fait précédemment l'application à la même voûte, nous avons prouvé qu'il falloit au moins 6 pieds d'épaiſſeur de mur; leſquelles meſures données par la pratique & la théorie étant approchant les mêmes, il s'enſuit qu'en ſe ſervant réciproquement de preuves, elles manifeſtent bien clairement qu'on ne ſauroit donner, pour obtenir une ſolidité ſuffiſante, moins de 6 pieds, 3 ou 4 pouces aux piédroits de la tour du dôme de Sainte Génevieve.

Mais ce ne ſera pas aſſez de donner une épaiſſeur convenable à la tour, elle ne pourra ſe ſoutenir qu'autant que l'on contreventera ſon pied à cauſe du changement du plan circulaire en celui d'un octogone irrégulier; & comme il n'eſt pas poſſible de s'aider pour cela des voûtes des bras de la croix, vu qu'elles ne peuvent être exécutées qu'à la légére, il conviendra d'employer, ſoit des contre-forts, ſoit des arcs-boutans, ſoit de bons empatemens. En ſuppoſant, comme une circonſtance très-favorable

vorable, que les colones deſtinées à décorer le dehors du tambour ſeront à demi-engagées, & que les 2 pieds dont elles augmenteront, y compris la ſaillie de leur baſe, l'épaiſſeur du piédeſtal au-dela des 6 pieds 4 pouces, ſeront ſuffiſants pour cela, il eſt évident que l'épaiſſeur vers le pied ſera d'environ 8 pieds 4 pouces. Nous diſons comme une circonſtance très-favorable, parce que 2 pieds d'empatement ne doivent pas paroître aſſez pour accoter les fondations du piédroit d'une voûte de 10 toiſes $\frac{1}{2}$ de diamétre. Perſonne n'ignore que dans tous les bâtimens, on donne d'ordinaire de largeur, ſans même y avoir de voûte, la moitié en ſus de l'épaiſſeur du mur hors de terre : or, ſuivant cette régle, le mur qui ſoutiendra la coupole en queſtion devant être de plus de 6 pieds, il lui faudroit au-delà de 9 pieds d'épaiſſeur dans le bas & non 8 pieds 4 pouces.

Il eſt à obſerver que l'épaiſſeur du mur que nous venons de fixer, ne regarde que les parties du dôme correſpondantes aux grands arcs, & qu'a plomb des pendentifs qui auront plus de 6 pieds $\frac{1}{2}$ de ſaillie, le projet eſt d'y joindre des corps avancés, tant pour contre-balancer le poids extraordinaire porté en baſcule en cet endroit, que pour lier la tour avec les gros piliers. On peut voir dans la *fig. V, pl. I & II*, la diſtribution extérieure de ce plan qui eſt d'accord dans ſon pour-tour avec la décoration annoncée par les deſſeins & la médaille, & qui, à l'épaiſſeur des murs près que nous avons fixé au dixiéme du diamétre ſuivant la régle, ne ſauroit s'écarter du plan de l'Architecte.

Dans le ſecond cas, où l'on deſireroit des contre-forts diſtribués autour du tambour, procédé que nous eſtimons préférable au précédent, à cauſe de l'étendue du dôme & des raiſons déduites dans l'article I; pour parvenir à connoître leur épaiſſeur, il ſeroit à propos de calculer l'effort que la portion de voûte correſpondante peut opérer contre chacun : mais comme la diſpoſition extérieure du plan porte à croire que ce n'eſt pas l'intention de l'Architecte, & qu'il préférera des murs d'une épaiſſeur uniforme au-deſſus du vuide des bras de la croix, à deſſein de favoriſer le peu de largeur de ſes piliers, nous nous bornerons à enviſager cette partie de la tour ſous ce point de vue dans tout le reſte de ce Mémoire.

Paſſons maintenant à l'examen des dimenſions des piliers qui doivent porter la coupole. Le piédeſtal de la tour devant être ſoutenu par la clef des arcs formant la réunion des bras de la croix & ſur les pendentifs le long des petits côtés de l'octogone, il eſt conſtant qu'on ne peut ſe

D

difpenfer de donner à ces points d'appui une largeur & une épaiffeur en rapport avec le fardeau. De crainte de confondre, examinons d'abord quelles doivent être les proportions des gros piliers en retour le long des bras de la croix, pour porter le dôme, & enfuite nous verrons celles qui leur font néceffaires vis-à-vis des pendentifs.

Premierement, la partie de la tour correfpondante à la clef des arcs ayant 8 pieds 4 pouces, il faudra donc conftruire ces arcs en bonne pierre dure à caufe du grand fardeau qu'ils porteront, & leur donner à chacun environ 9 pieds de largeur, de même qu'aux retours des bras de la croix deftinés à leur fervir de piédroits, conformément aux préceptes de l'art de bâtir, qui exigent que ce qui eft porté s'éléve en retraite au-deffus de ce qui porte. Mais ce ne feroit pas affez que ces piédroits euffent une largeur fuffifante, il leur faudra encore une épaiffeur qui les fortifie, de maniere à contreventer fûrement ce qu'ils auront à foutenir, &, vû l'immenfité de la charge qui fera de plufieurs millions de livres pefant, il eft à propos que cette épaiffeur foit pleine, entiere, & fans aucun vuide capable d'altérer fa force. Les piédroits ayant 57 pieds d'élévation, l'arc étant un plein ceintre de 38 pieds de diamétre avec trois pieds de hauteur de clef, laquelle hauteur eft affurément la moindre que l'on puiffe donner en femblable rencontre, on trouve par les calculs 8 pieds 9 pouces pour l'équilibre, & qu'en faifant entrer en confidération l'épaiffeur des reins de cet arc, qui contribuera à le fortifier, & le poids de la partie de la tour portant fur fa clef, ce pilier aura befoin d'une épaiffeur uniforme de 12 à 13 pieds: or on voit par l'examen du plan des piliers de cette Eglife, que leur largeur eft feulement de 3 pieds 9 pouces; par conféquent elle n'eft donc point faite pour recevoir un arc de 9 pieds de largeur, dont on ne peut fe paffer pour foutien de la tour du dôme, & il lui manque 5 pieds 3 pouces, fur 13 pieds d'épaiffeur, pour remplir cet objet. Quant à la colonne engagée dans l'angle que nous n'avons pas confidéré comme faifant partie du pilier, il eft évident qu'elle ne lui procure qu'une apparence factice de largeur au-delà des 3 pieds 9 pouces; par la raifon que la largeur du piédroit d'une voûte eft nulle, à moins qu'il n'ait en même tems dans toute fa hauteur une épaiffeur fuffifante pour réfifter à la pouffée; & comme il n'y pas d'épaiffeur de mur derriere la partie de la colonne qui n'eft pas engagée, il réfulte qu'elle ne fauroit contreventer une portion d'arc correfpondante, & que la faillie de la colonne n'eft qu'un mafque incapable d'augmenter la force du pilier.

Secondement, ſi l'on compare l'épaiſſeur de ce pilier, du côté de l'intérieur du dôme, avec la ſaillie des pendentifs, on s'appercevra par le plan que, comme ils auront plus de 6 pieds & demi d'encorbellement le long du petit-côté de l'octogone, ils ſeront obligés de porter au moins 14 pieds de longueur de la tour ſur 40 pieds de hauteur ſans la voûte. Il n'eſt pas douteux que ce poids énorme tendra également de ſon côté à renverſer le pilier, à moins qu'il ne ſoit d'une force convenable. Dans les exemples, cette épaiſſeur ſe trouve ſouvent 2 à 3 fois plus conſidérable que la ſaillie des pendentifs reſpectifs ; c'eſt pourquoi, dans le cas actuel, en ſuppoſant l'épaiſſeur du pilier une fois & demie la ſaillie des pendentifs, c'eſt-à-dire 10 pieds, nous ne pouvons être ſuſpect d'exagération : or le pilier en queſtion a véritablement au droit du ſommet du triangle à peu près l'épaiſſeur déſignée ; mais à meſure qu'on approche de ſes deux autres angles, cette épaiſſeur diminue au point que vers le pli du pilaſtre A B, *fig. III*, à peine ſe trouve-t-il 4 pieds 3 pouces. On demeurera de plus en plus convaincu que cette dimenſion n'a point de rapport avec la force qu'exige un encorbellement de plus de 6 pieds & demi, chargé d'un gros mur, en faiſant attention comment porte le plan de la tour du dôme ; car on s'appercevra qu'au-deſſus de ces piliers, il y aura des eſpéces de contre-forts X, *fig. V*, qui, à cauſe de leur manque de proportion, excéderont leur maſſif, & que comme, entre ces contre-forts, il y aura une croiſée Z, l'effort de la tour ſur les pendentifs agira uniquement ſur les parties foibles du pilier, parce que le vuide répondant à ſa plus grande épaiſſeur, celle-ci deviendra inutile pour ſa ſolidité. Il arrivera delà que l'effort de la maſſe de la tour ſur les pendentifs, à raiſon de leur appareil, tendra de part & d'autre à écarter les naiſſances des arcs, leſquels étant ſuppoſés aſſez ſolides, détruiront l'action dans ce ſens ; mais il en reſtera un autre qui tendra à faire gliſſer la partie du pendentif excentriquement, & à renverſer le piédroit ſuivant cette direction, à cauſe des joints verticaux dont les coupes tendront par le plan vers l'axe du dôme. Cette derniere action ſera donc ſon effort ſur les parties foibles du piédroit A B, *fig. III*, comme ſi elle étoit appliquée à un levier plus grand que la hauteur du pilier, & dont la longueur ſe détermineroit par l'interſection d'une perpendiculaire qui lui ſeroit menée du bas extérieur dudit pilier ; or il eſt évident qu'un poids de 500 milliers, qui ſera au moins celui de la partie du dôme qui répondra à ces endroits foibles, agiſſant en baſſecule ſur un levier

de plus de 60 pieds, ne trouvera pas une résistance assez grande dans l'épaisseur 4 pieds 3 pouces du pilier, puisque nous avons vu ci-devant, qu'une partie de voûte de 38 pieds d'ouverture & de 3 pieds d'épaisseur de clef, agissant de la même maniere sur des piédroits de 57 pieds de hauteur, a donné 8 pieds 9 pouces pour l'équilibre; donc il faudroit plus de 8 pieds 9 pouces vers le pli du pilastre pour résister; & il n'y a réellement que 4 pieds 3 pouces. Cette reflexion, jointe à la précédente, prouve clairement l'insuffisance de ces supports pour porter un dôme, & qu'ils se déroberont de tous côtés à son effort, au lieu de s'y opposer, comme il seroit nécessaire.

Pour faire sentir, indépendamment de tous les raisonnements, le peu d'apparence de pouvoir faire soutenir une coupole sur ces piliers, quelle que soit la nature de sa voûte ou de ses voûtes, il n'y a qu'à, d'une part, placer sur leur plan celui de la tour de l'Eglise en question, avec les épaisseurs de mur & la saillie du piédestal, faisant ensemble 8 pieds 4 pouces, *fig. V*; & d'une autre part, appliquer aussi le plan de la tour de tous les dômes que l'on jugera à propos, sur celui de leur rez-de-chaussée; alors on demeurera persuadé qu'autant il y a de correspondance dans tout ce qui est exécuté en ce genre entre leurs supports respectifs, pour former de bons empattements capables de favoriser la solidité, autant le dôme de Sainte Génevieve, dont le plan de la tour excédera de toutes parts les piliers sera arrangé contradictoirement à ces ouvrages (16). Ce qui frappera sur-tout, sera de voir que les largeurs des piliers des dômes élevés sur pendentifs, ont toutes un certain rapport avec leur diamétre, lequel rapport s'étend, comme il a été dit dans l'article précédent, depuis le quart jusqu'au septiéme au plus, tandis que la largeur du pilier de l'Eglise dont il s'agit, n'est que le seiziéme de son diamétre.

En effet le dôme de Saint Pierre a 127 pieds de diamétre, avec des piliers de 29 pieds de largeur.

Le dôme de Saint Paul de Londres a 102 pieds, & des piliers de 26 pieds de largeur.

Le dôme du Val-de-Grace à Paris a 51 pieds, & des piliers au moins de 10 pieds de largeur.

LUCRECE *Liv. IV.* v. 516, a décrit en beaux Vers que l'on diroit faits exprès pour le sujet que nous traitons, & qui peuvent très-bien lui convenir pour Epigraphe, ce que l'on doit attendre d'une semblable construction.

. . . . In Fabricâ, si prava est regula prima,
Normaque si fallax rectis regionibus exit;
Et libella aliquâ, si ex parte claudicat hilum,
Omnia mendosè fieri, atque obstipa necessum est;
Prava, cubantia, prona, supina, atque absona tecta,
Jam ruere, ut quædam videantur velle, ruantque,
Prodita judiciis fallacibus omnia primis.

Le dôme de la Sorbone a 38 pieds, & des piliers de 7 pieds de largeur.

Le dôme des Invalides a 73 pieds, & des piliers de 11 pieds de largeur (17): &, par proportion à ces modèles & à ceux qu'il plaira y joindre, le dôme de Sainte Génevieve, qui sera de 63 pieds de diamétre, n'aura que des piliers de 3 pieds 9 pouces. On peut voir dans les *figures VI, VII, VIII, IX, X & XI. Pl. II*, les rapports des plans des tours de dôme de ces Edifices, avec ceux des gros piliers destinés à les porter.

Ajoutez à ces comparaisons que les piliers de tous ces exemples sont accotés par les murs des bras de la croix, des bas-côtés & des séparations des Chapelles, au lieu que ceux de l'Eglise en question sont isolés au milieu de colonnades, & sans pouvoir tirer de secours direct de toutes les parties adjacentes: il est nécessaire, qu'à cause de leur position, ils fassent à la fois la fonction de piles & de culées, & qu'ils se suffisent absolument à eux-mêmes, soit pour porter, soit pour contre-buter la voûte du dôme: circonstances tellement désavantageuses qu'elles auroient dû engager à augmenter les dimensions qu'on a coutume de donner à ces piliers, plutôt que de les tenir deux & trois fois moins considérables.

Voilà donc le pilier bien prouvé n'avoir par lui-même aucun rapport avec l'action que le dôme doit opérer contre lui, soit au droit des arcs, soit au droit des pendentifs, c'est pourquoi il ne nous reste plus qu'à faire voir si, au défaut de force réelle, on peut se flatter du moins de lui procurer des secours véritables de quelqu'une de ses parties adjacentes.

Espérera-t-on tirer des forces du pan-coupé V, *fig. VI.* du mur extérieur, & y établir des arc-boutans suffisants (18) pour contenir l'effort de la tour au droit du petit-côté de l'octogone? mais cela seroit

(17) Voici encore quelques proportions de piliers portant des coupoles que nous nous rappellons.

La coupole de l'Eglise de Saint Georges à Venise, exécutée par Palladio, a environ 36 pieds de diamétre, & des piliers de 7 pieds en quarré pour la porter.

La coupole de l'Eglise de Saint Nicolas de Tolentin à Rome, a 31 pieds & 10 pieds de largeur de pilier.

La coupole de l'Eglise neuve des Peres de l'Oratoire, aussi à Rome, a 47 pieds de diamétre, & des piliers de 10 pieds de largeur.

(18) Des Arc-boutans placés ainsi derriere l'encorbellement, seroient d'ailleurs d'un bien foible secours, attendu qu'il n'est point question ici de contenir seulemenr une poussée de voûte ordinaire, mais de soutenir à la fois l'effort d'un corps de Maçonnerie immense, agissant de tout son poids perpendiculairement & en bassecule: ce ne sont que des massifs cubiques directs qui puissent contrebalancer ce fardeau, & opérer un effet efficace dans cette circonstance & non un arc-boutant Il ne faudroit que faire nn profil au droit du pli du pilastre pour s'en convaincre.

contraire à une bonne conſtruction. Quelle ſolidité en effet pourroit-on attendre d'un mur ouvert de toutes parts dans une hauteur de 36 pieds, d'abord au rez-de-chauſſée par un large corridor qui réduit l'épaiſſeur du mur de dehors à environ 2 pieds, puis au-deſſus par 3 grandes croiſées qui décompoſent ſa force dans d'autres ſens, comme on en peut juger par le plan? A-t-on jamais vu juſqu'ici le piédroit d'un contrefort ou arc-boutant, deſtiné, nous ne diſons pas à contreventer l'action d'un dôme, mais d'une voûte quelconque, évidé comme un coffre? Son eſſence n'eſt-elle pas d'être un maſſif, un véritable cube, en un mot, une vraie jambe ſous-poutre que rien ne doit altérer? Se permettroit-on ſeulement de poſer la moindre ferme de charpente dans un bâtiment ordinaire à plomb du vuide d'une croiſée? & n'affecte-t-on pas toujours au contraire de la placer ſur un trumeau? Donc à plus forte raiſon un arc-boutant de l'importance dont il s'agit demande-t-il d'être élevé ſur un plein? Il n'y a perſonne qui ne puiſſe décider la nullité d'un pareil point d'appui.

Envain prétendroit-on encore augmenter la largeur du pilier par le haut, en propoſant d'avancer juſqu'à la colonne d'angle C, *fig. III*, les murs Y, *fig. VI*, placés au-deſſus de la file des colonnes, à deſſein de leur faire contrebuter une largeur de 18 pouces de l'arc au-delà des 3 pieds 9 pouces; car, indépendamment de ce que le pilier ſe trouveroit alors plus épais par le haut que par le bas, ce qui ſeroit contraire à la conſtruction ordinaire de tous les bâtiments, laquelle s'éléve toujours en retraite, il eſt aiſé de s'appercevoir que par leur nature, ces murs n'auront pas la ſolidité convenable pour remplir cet objet. En effet, ces murs Y, devant être percés dans leur hauteur par les croiſées T, T, T qui éclaireront les voûtes des bras de la croix, ainſi que par les entrées des tribunes, & de plus étant guindés à 40 pieds de terre ſur des plate-bandes, il n'eſt pas concevable comment dans cet état de foibleſſe, ils pourroient faire l'office de contre-forts; & ſi c'étoit l'intention de l'architecte, il auroit fallu du moins aſſurer toutes les extrémités de chacun d'eux par de bons piédroits, & n'en pas excepter: car, ſi l'on ſuit le plan des deux files de colonnes qui aboutiſſent au chevet de l'Egliſe, on s'apercevra que vers ce chevet, il ne ſe trouve au rez-de-chauſſée aucun mur dans leur direction pour les recevoir, c'eſt-à-dire que bien-loin de pouvoir contenir une partie de l'arc, à l'aide de ces deux murs, à peine ſeront-ils en état de ſe ſoutenir eux-mêmes vers leurs extrémités.

Mais, quand bien même on ſuppoſeroit, contre toute apparence de ſolidité, que ce mur pût ſervir à contreventer 18 pouces de l'arc au-delà de la largeur du pilier, comme nous avons fait voir que cet arc ſeroit d'obligation d'avoir 9 pieds, il eſt manifeſte qu'il y aura toujours une partie d'environ 3 pieds 9 pouces, qui débordera la colonne ſur 14 pieds, dont le ſupport ne ſauroit être juſtifié.

Peut-être alléguera-t-on, que pour obvier au défaut de proportion des piliers, on conſtruira le grand arc en pierre de toute la largeur de l'entre-colonnement, au lieu de le borner à l'épaiſſeur de la tour; mais la grande difficulté ſera de faire porter les reins de cet arc; & ſi, dans l'impoſſibilité manifeſte de les faire aſſeoir directement ſur le plafond de l'entre-colonne, on s'aviſoit par le moyen de quelque lunette W, *fig. IV & VI*, faiſant une eſpéce de voûte d'arrête ou d'arceau en décharge, d'ouvrir leſdits reins pour rejetter le poids à droite & à gauche ſur les colonnes, alors il n'y auroit plus de ſolidité. Car c'eſt l'épaiſſeur ſeule des reins qui peut faire en cette circonſtance toute la force de cet arc, & qui le rendra capable de réſiſter à la charge immenſe qu'il aura à ſoutenir. Ce ſeroit une erreur de croire pouvoir traiter un arc de cette conſéquence comme une voûte légére qui ne doit rien porter, & où l'on peut ſe permettre toutes ſortes de percés. Ne déſaprouveroit-on pas le projet de pratiquer de larges ouvertures dans le flanc de la culée d'un pont, comme devant lui ôter ſa réſiſtance; or notre cas eſt tout ſemblable; l'arc joint au pilier eſt, vû ſa poſition, une véritable culée deſtinée à ſoutenir & contre-buter tout le poids du dôme. Propoſer de l'évider, ce ſeroit vouloir lui ôter toute ſa force, & le mettre hors d'état de remplir l'objet propoſé : auſſi ne ſubſiſte-t-il aucun exemple de conſtruction où l'on en ait uſé de cette maniere. On a reproché à Bramante d'avoir pratiqué de petits eſcaliers au milieu des gros piliers de l'Egliſe de S. Pierre : les premiers Mathématiciens & Architectes d'Italie aſſemblés en 1743, pour aviſer aux moyens de remédier aux lézardes qui s'étoient ouvertes de toutes parts dans la tour du dôme de Saint Pierre, les attribuerent unanimement au petit corridor E, *fig.* *, *pl. I*, pratiqué dans le grand piédeſtal qui éléve la tour. Mais, ſuivant l'arrangement que nous diſcutons, la circonſtance ſeroit bien autrement grave, puiſque c'eſt la voûte même de l'arc qui doit porter ſur ſa clef le dôme de Sainte Génevieve, dont il s'agiroit d'ouvrir ou de ſupprimer la plus grande partie des reins, & cela préciſément dans l'endroit W, où ſe fera la principale action de la

pouſſée. Cette réflexion ſeule peut convaincre qu'un pareil moyen, ne pouvant être admiſſible, il y a conſéquemment impoſſibilité de faire porter l'arc d'une maniere ſolide, au-delà de la largeur du pilier ſur l'entre-colonnement (19).

On pourroit ajouter, s'il en étoit beſoin, la ſpéculation du peu d'apparence

(19) Nous ne parlerons pas des arcs placés en enfoncement le long des bras de la croix, bien qu'ils paroiſſent pouvoir contribuer à accôter dans ce ſens les piliers par le haut, par la raiſon que la lunette W étant décidée inexécutable, leur utilité ne ſauroit être réelle.

Comme quelqu'nn pourroit être porté à croire qu'à l'aide de cercles de fer placés autour d'une coupole, il ſeroit aiſé de diminuer ſa pouſſée, & conſéquemment l'épaiſſeur de ſes ſoutiens, il ne ſera pas inutile de faire voir ce que l'on peut eſpérer à cet égard. Le fer ne doit jamais être employé dans un édifice deſtiné à paſſer à la poſtérité, comme un agent principal, & pour ſuppléer à des empattements, à des contreforts, à des épaiſſeurs de murs; mais il doit toujours être employé au contraire, comme un moyen précaire, un moyen de ſurérogation, & une ſurabondance de force. La raiſon en eſt que, par ſa conſtitution, il n'eſt pas fait pour être de longue durée; la rouille l'altére au bout d'un tems, & paſſe même, en augmentant ſon volume, pour faire éclater la pierre où il ſe trouve renfermé. Les mouffles qui lient les tirans ſont toujours un endroit très-foible; ſes pores ſe reſſerrent ou s'étendent ſuivant le chaud ou le froid. D'ailleurs il n'eſt pas vrai que le fer acquiert de la conſiſtance à raiſon de ſa groſſeur: il s'en faut bien qu'un barreau double du volume d'un autre, ait pour cela le double de force. Les expériences prouvent à la vérité qu'un fil de fer rond d'une ligne de diamétre, (**) bien étiré, peut ſoutenir un effort d'environ 490 liv. peſant; mais elles font voir auſſi que dans un barreau de 18 lignes de gros, par exemple, chaque élément d'une ligne quarrée de fer ne réſiſte gueres en commun qu'à un effort de 40 livres peſant, & que cet effort diminue toujours à proportion que la groſſeur du barreau augmente. Cette grande diminution de force provient de ce que plus les fers acquierent de diamétre, plus il devient difficile de les forger, & de condenſer avec le marteau ſuffiſamment leur intérieur.

Il n'y a pas de conſtruction de dôme où l'on n'employe quelques cercles de fer: on en met au col de la coupole, vers ſon impoſte, & quelquefois auſſi vers ſon milieu, mais cela n'empêche jamais qu'on ne place des murs ou contre-forts ſuffiſants pour contenir la pouſſée, & qu'on ne donne ſur-tout une bonne épaiſſeur au retour des piliers le long des bras de la croix: on ne connoît point d'exemples où l'on en ait uſé autrement. Lors de la conſtruction de la coupole de Saint Pierre de Rome, il fut mis quatre forts cercles de fer indépendamment de ſes 16 contre-forts de 21 pieds d'épaiſſeur; & malgré ces précautions, on ſait qu'elle s'eſt lézardée de toutes parts: autour du dôme de Saint Paul de Londres, il y en a pluſieurs; mais cela n'a pas empêché qu'on ne l'ait contreventé par 24 contre-forts arcboutés par des éperons: on a vu auſſi que Fontana indique de mettre trois cercles de fer O dans la partie inférieure d'un dôme.

Les cercles de fer dont on environne une coupole, ont principalement pour objet de réſiſter à la premiere impulſion de la pouſſée, lorſqu'on lâche la voûte de deſſus les ceintres; de donner le tems au mortier de bien faire ſa priſe, ainſi qu'à toutes les parties de la conſtruction d'opérer ſa compreſſion, de ſe convenir réciproquement, de prendre peu-à-peu leur faix & leur direction vers les contre-forts, ou les points d'appui capitaux: ils ne peuvent avoir d'autre fonction. C'eſt la perfection de l'appareil des pierres, l'excellence du mortier, la bonne proportion des ſupports, & leur relation avec la pouſſée des voûtes qui doit faire la force d'un édifice dont on veut éterniſer la durée: en uſer autrement, la faire dépendre abſolument d'une force artificielle, comme eſt celle d'un cercle de fer, ce ſeroit ſans doute compromettre ſa ſolidité.

(**) Voyez les expériences de Muſſembrock dans ſa *Phyſique*, & celles de M. de Buffon, dans l'*Art du Serrurier*, publié par l'Académie Royale des Sciences.

parence de pouvoir faire porter ſur deux colonnes la plus grande partie de l'arc chargé du dôme. En effet, comment ſe perſuader que des colonnes de pierre de 3 pieds de diamétre dans le haut, & ſurtout celle qui eſt tout à fait iſolée, dont les tambours ne ſont pas même entretenus entre eux par aucun axe de fer, comme de coutume, ſoient en état de ſoutenir & de contrebuter un tel fardeau, ſans que les tambours s'écraſent, ou au moins ſe dérangent par l'effort même de la pouſſée qui agit toujours à raiſon de la longueur des leviers, tandis que l'on voit de très-gros maſſifs être à peine ſuffiſants pour remplir cet objet (20).

Récapitulons le nombre des porte-à-faux qui ont paſſé en revue ſucceſſivement, à l'occaſion de l'inſuffiſance des piliers, pour ſoutenir une coupole.

4 . . Porte-à-faux Z, *fig. V*, occaſionnés par le ſupport de la tour en encorbellement au droit des petits-côtés de l'octogone, comme de coutume.

4 . . Porte-à-faux formés par le ventre S, *fig. V & VI*, de la tour, qui ne peut être contre-venté en aucune maniere vis-à-vis des voûtes des bras de la croix, à cauſe de leur conſtruction à la légere & du manque de largeur des piliers.

8 . . Porte-à-faux au-delà du maſſif des piliers, occaſionnés par chacun des angles X, *fig. V*, des corps avancés de la tour du dôme.

8 . . Porte-à-faux ſur les entre-colonnements W, *fig. VI*, ſoit qu'on leur faſſe porter la retombée des reins des arcs, ſoit qu'on ſupprime leſdits reins.

2 . . Porte-à-faux de la part des deux murs Y, *fig. VI*, placés ſur des platebandes du côté du chevet de l'Egliſe, leſquels n'ont dans leur direction, vers leurs extrémités, aucun corps pour les recevoir.

4 . . Porte-à-faux V, *fig. VI*, ſous les piédroits des arcs-boutants que l'on pourroit croire indiſpenſables pour contenir l'effort des pendentifs.

Total 30 Porte-à-faux.

C'eſt préſentement qu'on doit ſentir la vérité de ce que nous avons

(20) Il y auroit une réflexion très-importante à faire ſur la colonne d'angle C, *fig. III*, qui eſt engagée dans le pilier ; c'eſt qu'au lieu d'augmenter la force de l'arc, comme on pourroit être porté à le croire, elle ſervira à l'affoiblir, à cauſe de ſa poſition ſinguliere : car elle obligera de diviſer ſon intrados Z, *fig. IV*, & de le faire reſſauter de plus de 2 pieds au droit de la clef, qui eſt le point d'appui capital de la coupole, tandis que l'intérêt de la conſtruction d'un arc auſſi chargé demanderoit au contraire que tous ſes vouſſoirs fuſſent réunis, tant par le haut que par le bas, pour ne point décompoſer ſa force. Les conſtructeurs conviendront qu'un tel reſaut ne ſauroit être que préjudiciable en cette rencontre.

avancé dans notre *Avant-propos*. Le bas de la tour du dôme de Ste Génevieve ayant été prouvé ne pouvoir avoir moins de 8 pieds d'épaisseur, & la largeur du pilier, destinée à le porter, ne pouvant évidemment être secourue que par des porte-à-faux, il s'ensuit donc que le cas reste tout semblable à celui d'un mur isolé de 3 pieds, 9 pouces d'épaisseur, & de 80 pieds de haut, auquel nous l'avons comparé, sur lequel on proposeroit de construire un mur de plus de 8 pieds d'épaisseur & de 40 pieds d'élévation, avec l'obligation de faire encore soutenir, à l'extrémité de ce dernier, la poussée d'une ou de deux grandes voûtes : la parité est la même.

Enfin, en voyant l'insuffisance démontrée des piliers élevés, peut-être croira-t'on, qu'en faisant le sacrifice de la coupole annoncée, ainsi que de la décoration de tout le morceau milieu, l'on pourroit y substituer une calotte ou un cul-de-four; mais, outre que ce seroit détruire la grace extérieure de cet édifice, & tromper l'attente du public à cet égard, il n'y auroit pas beaucoup à gagner dans ce nouvel arrangement. Toute la difference seroit que les arcs, au lieu de porter la tour du dôme, contreventeroient directement, au droit de leur clef, la poussée de la voûte du même dôme: cela ne pouvant être autrement, il faudroit donc que ces arcs, & par conséquent les retours des piliers qui les recevroient, eussent la largeur déterminée par les formules pour résister à cette action, c'est-à-dire au moins 7 pieds. Le seul moyen de se passer de cette largeur, seroit de faire ensorte de reporter l'effort de la poussée du cul-de-four le long des voûtes des bras de la croix, jusqu'aux murs qui les terminent, ainsi qu'on le pratique d'ordinaire (21); mais alors il seroit nécessaire de construire ces voûtes d'une certaine épaisseur dans toute leur longueur en forme de berceau, & non à la légére, comme on ne peut s'en dispenser. Or cette construction de voûte en berceau n'est pas praticable à Sainte Génevieve, tant à cause des colonnes qu'il faudroit ajouter dans les retours des bras de la croix, pour supporter le berceau, que par rapport à l'obligation où l'on se trouveroit de contenir son action par des piliers-butans appuyés contre les murs pourtours de l'Eglise, lesquels ne sont aucunement disposés, non plus que leurs fondations, pour en recevoir. C'est pourquoi les voûtes des bras de la croix ne pouvant, à raison de

(21) Dans les Eglises de Saint Sulpice, de Saint Roch à Paris, & dans toutes celles où l'on a élevé des calottes ou des voûtes en cul-de-four au centre des bras de la croix, on peut remarquer que c'est de cette façon qu'on a contreventé la poussée, & cela ne sauroit être autrement, à moins de donner aux piliers une épaisseur suffisante.

la forme du plan, être construites d'un bout à l'autre d'une force suffisante pour résister à une poussée, & faire l'office d'un contrefort horisontal, on ne peut pas plus faire contreventer un cul-de-four par la largeur 3 pieds 9 pouces des piliers de l'Eglise dont il s'agit, que leur faire porter un dôme.

CONCLUSION.

AINSI, de quelque façon que l'on veuille considérer l'exécution de la coupole promise au centre de l'Eglise de Sainte Génevieve, il seroit difficile de la justifier; la pratique & la théorie, les exemples mis en parallele, & les démonstrations Mathématiques s'accordent à prouver que les piliers déjà élevés sont d'une disproportion trop manifeste pour la porter; qu'ils se déroberont de tous côtés dans le bas à son poids & à sa poussée, au lieu de former des empattemens, & de s'élever en laissant de bonnes retraites au pied de la tour, comme la solidité le requiert; qu'en outre la masse cubique qui leur manque ne sauroit être suppléée par les parties environnantes, vû qu'elles sont trop foibles, toutes évidées dans leur hauteur ou en porte-à-faux; & qu'en un mot pour soutenir l'effort d'une coupole de 63 pieds de diamétre, placée sur pendentifs, il faudroit que les supports en question eussent tout au moins 9 pieds de largeur à la place de 3 pieds 9 pouces. Mais à combien plus forte raison sera-t-on persuadé de l'insuffisance de ces piliers, si l'on fait attention que nous n'avons considéré que la poussée d'une seule voûte, & qu'il doit y en avoir deux suivant le projet, agissantes contre les mêmes piédroits. Enfin, il faudroit condamner la construction de tous les ouvrages célébres exécutés en ce genre, pour approuver les proportions des supports de celui-ci, & dire que les Michel-Ange, les Fontana, les Wren, les Mansards, & tous les habiles constructeurs qui ont fait des coupoles, ne se sont point douté de la force qu'il falloit pour les soutenir; puisque, comparée à celle des piliers destinés à porter le dôme de l'Eglise de Sainte Génevieve, ces derniers se trouvent toujours proportionnellement deux & trois fois moins considérables que les autres. C'est aux Savants & aux Constructeurs instruits à prononcer sur cet objet important, qui intéresse trop la gloire de nos arts & la sureté publique, pour pouvoir être regardé avec indifférence (22).

(22) Nous invitons ceux qui entreprendroient de répondre à ce Mémoire, de ne point donner pour raison, des conjectures ou des opinions particuliéres, mais de suivre à peu-près notre marche, c'est-à-dire d'appuyer ce qu'ils avanceront, par des faits en paralelle

PROBLEME.

Une voûte en berceau de 63 pieds de diamètre, FIG. IV, ſurmontée d'un 12^e^. avec 24 pouces d'épaiſſeur réduite pour la partie ſupérieure f d de la voûte, & des piedroits de 36 pieds de hauteur, étant donnée, trouver par l'application de la formule $\sqrt{\frac{2bgnn}{af} - \frac{2dnn}{f} + \frac{4nn^2}{ff}} - \frac{2nn}{f} = y$, quelle eſt la puiſſance en équilibre avec ſa pouſſée.

SOLUTION.

Soit la voûte b f t d de 63 pieds de diamètre, ſon épaiſſeur réduite deux pieds, ſon rayon 36 pieds 9 pouces, & la hauteur n p du piedroit 36 pieds.

Il faut ſçavoir que pour parvenir à l'équation $\sqrt{\frac{2bgnn}{af} - \frac{2dnn}{f} + \frac{4nn^2}{ff}} - \frac{2nn}{f} = y$ dont il s'agit de faire l'application : 1°. il a été tiré du centre K′ de l'un des arcs, les droites K′ d & K′ f; l'une à l'interſection des deux arcs, l'autre au point c, milieu de l'arc b d : 2°. que l'on a abaiſſé du point l, milieu de f c, la perpendiculaire l u, ſur le diamètre b G : 3°. que par ce même point l, on a mené une autre perpendiculaire l k, ſur l'axe d H, de la voûte, dont le prolongement rencontre en m, celui n p du piedroit.

L'on a appellé l k (a) : b u (d) : n p (f) : m p (g), & la ſurface f c d t qui tend à écarter le piedroit, (nn). C'eſt donc en découvrant les valeurs de ces analytiques, au moyen des données de notre problême, que nous aurons l'expreſſion cherchée de y.

K′ d & K′ H étant connues dans le triangle rectangle H K′ d, on aura par les méthodes, la valeur de l'angle H K′ d, qui dans ce cas eſt de

joints à des démonſtrations : car, en pareille matiere ce ne ſont que ceux qui prouvent, qui méritent attention. On vient de nous aſſurer qu'il alloit paroître dans le Mercure une lettre d'un ami de M. Soufflot, où il eſt dit qu'il prendra pour modèle de l'exécution de ſon dôme, les procédés gothiques : mais jamais les Goths dont on admire avec raiſon la légéreté de pluſieurs de leurs ouvrages, n'ont connu les conſtructions des coupoles ſur pendentifs; jamais ils n'ont rien entrepris de comparable pour la hardieſſe à ces chefs-d'œuvres d'induſtrie. Des fardeaux auſſi conſidérables portés en l'air ſur quatre points, demandoient trop d'études, de connoiſſances & de combinaiſons, pour avoir été le fruit de ſiécles où l'on ne ſavoit ni lire ni écrire, & encore moins calculer. L'on ſait que c'eſt à la renaiſſance des Arts & des Sciences qu'eſt due la perfection de cette découverte faite ſous Juſtinien. Cette remarque ſuffit pour faire voir le peu d'égard que méritera une Apologie ſans vraiſemblance, deſtituée de faits homogenes & de preuves démonſtratives.

81 dégrés 47 m. $\frac{1}{3}$; sa moitié, 40 dégrés 53 m. $\frac{2}{3}$ sera celle de l'angle l K' u. L'on connoîtra donc dans cet autre triangle l K' u, les trois angles & l'hippotenuse ; ainsi il est facile de trouver par la Trigonométrie côtés K u & l u. En retranchant K' H de K' u, on aura la valeur de H u, & par conséquent de l k qui lui est égal : en ôtant aussi K' u de K' b, on aura la valeur de b u : enfin, par la comparaison des triangles semblables K' u l & k l q, on obtiendra la valeur de k q.

On connoîtra la surface *n n* qui reste, en cherchant d'abord la surface de la couronne entiere, ensuite en retranchant le cercle qui auroit K' c pour rayon, de celui dont le rayon seroit K f ; & enfin faisant la proportion, 360 dégrés est à 40 dégr. 53 m. $\frac{2}{3}$, valeur de l'arc c d ou c b, comme la couronne est à la partie f c d t (*nn*) = 1 toise 2 pieds 11 pouces 9 lig. 10 points.

Ainsi par toutes ces opérations, on trouvera que a = 3 toises 5 pieds 3 pouc. 5 lign. : que b = 3 toif. 2 pi. 1 pouc. 11 lig. 4 p. : que d = 1 t. 2 pi. 2 pouc. 5 lig. : que f = 6 toises : que g = 10 toif. 0 pi. 8 po. 6 li. : & que $n\,n$ = 1 toise 2 pieds 11 pouces 9 lignes 10 points.

En faisant les produits de l'équation, on découvrira que

$$\frac{2bgnn}{af} = 4^{\text{toif.}}\ 2^{\text{pi.}}\ 2^{\text{pouc.}}\ 10^{\text{li.}}\ 2^{\text{po.}}\ 7$$

$$\frac{2dnn}{f} = 0 \ldots 4 \ldots 1 \ldots 2 \ldots 5 \ldots 8$$

$$\frac{4nn^2}{ff} = 0 \ldots 1 \ldots 5 \ldots 11 \ldots 3$$

$$\frac{2nn}{f} = 0 \ldots 2 \ldots 11 \ldots 11 \ldots 3.$$

Par conséquent $\sqrt{\frac{2bgnn}{af} - \frac{2dnn}{f} + \frac{4nn^2}{ff}} = \sqrt{3^{\text{to.}}\ 5^{\text{pi.}}\ 7^{\text{pou.}}\ 6^{\text{li.}}\ 11^{\text{po.}}\ 9}$; ou bien égale 1 toise 5 pieds 10 pouc. 10 lign. dont il faut retrancher 0 toif. 2 pi. 11 pouc. 11 lig. 3 points, valeur de $\frac{2nn}{f}$; & le reste 1 toise 2 pieds 10 pouc. 11 lig. 4 points sera l'épaisseur qu'il conviendra de donner pour l'équilibre aux piedroits de la voûte en berceau.

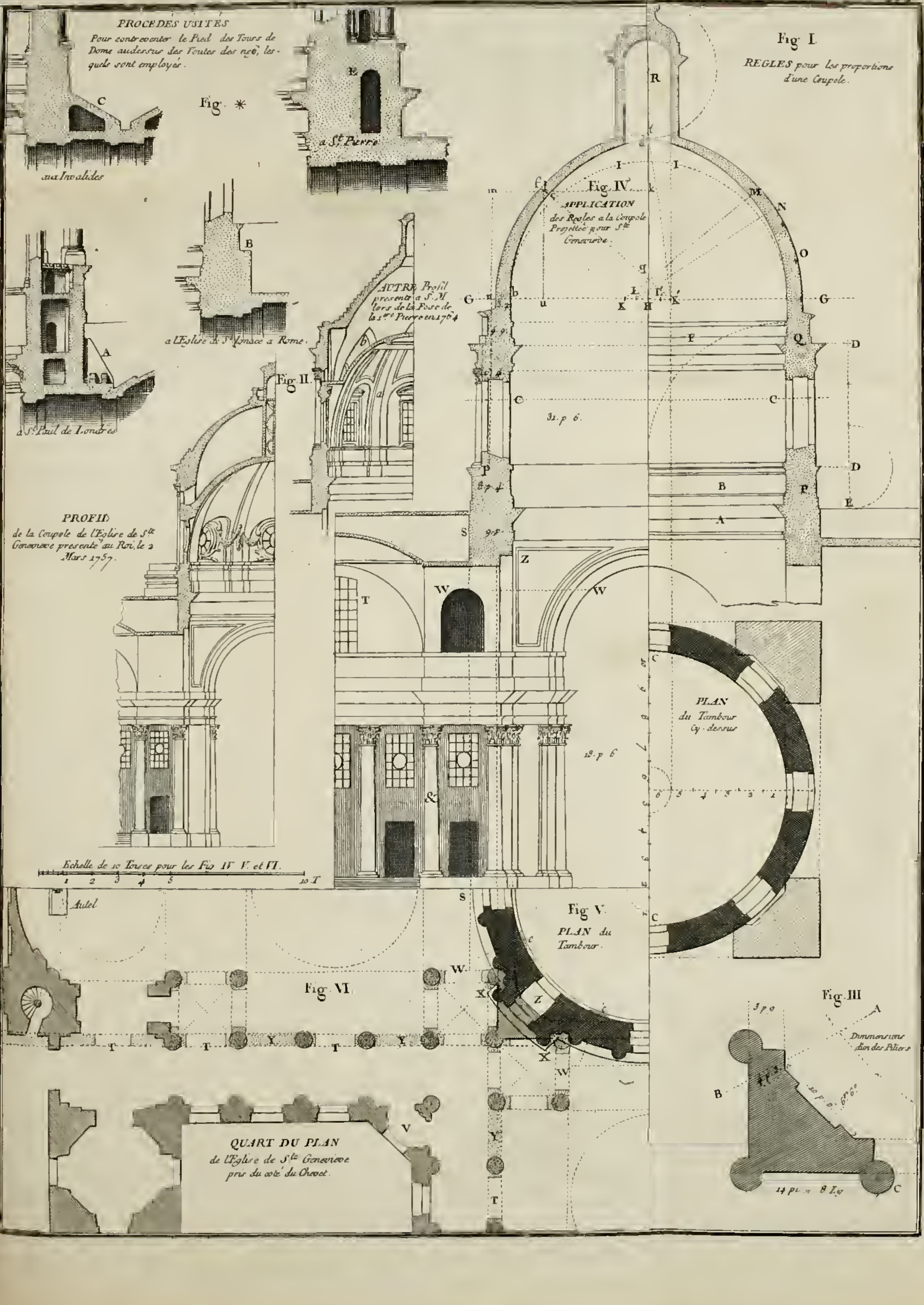
Mais comme l'on sçait que les voûtes sphériques dont l'arc droit est circulaire, ainsi que les voûtes sphéroïdes dont l'arc droit est elliptique surhaussé ou sur-baissé, poussent environ la moitié moins que celles en berceau de même nature, diamètre, épaisseur, & en un mot qui sont con-

ditionnées de même, il s'ensuit que pour connoître l'épaisseur des piédroits de la voûte sphéroïde, qui est l'objet de notre examen, il faut prendre la moitié de 1 toise 2 pieds 10 pouces 11 lignes 4 points ; & l'on aura 4 pieds 5 pouces 5 lignes 8 points pour la puissance en équilibre avec la poussée de cette voûte ; ce qu'il falloit démontrer.

FIN.

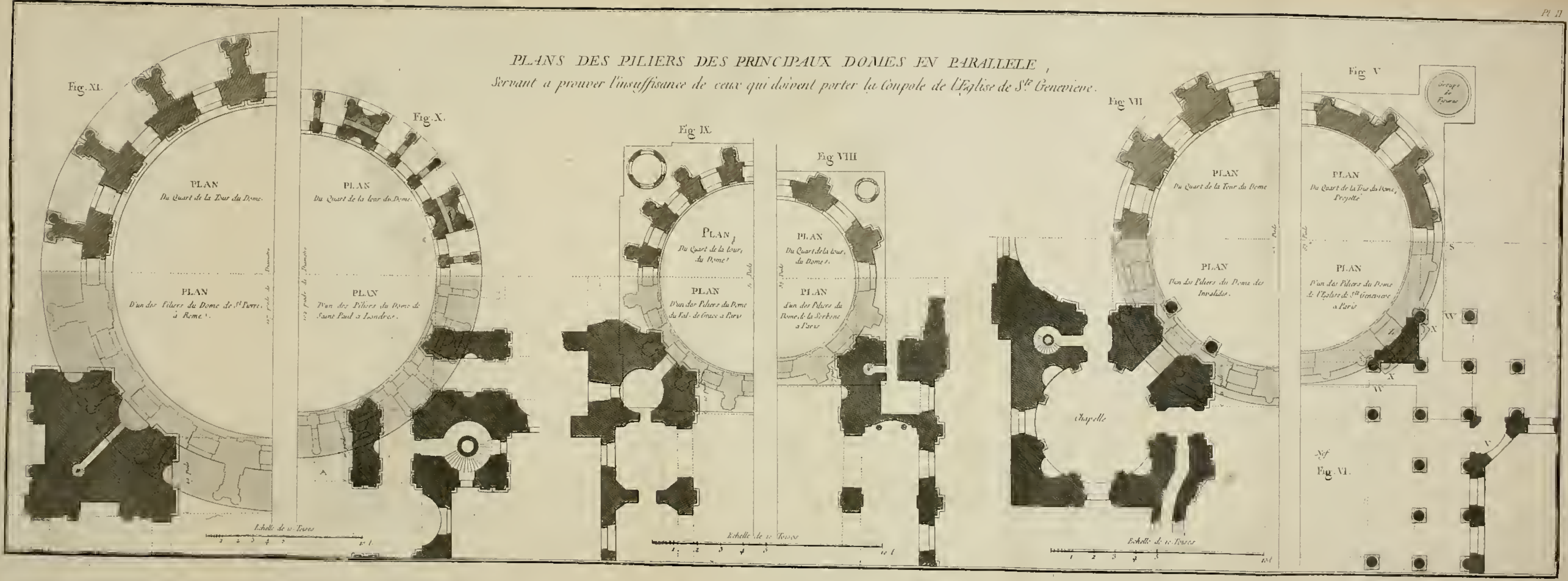
ERRATA.

Page 17, dernier mot de la Note, aulieu de *Bon*, lisez *Bonani*.
Page 18, ligne 2 de la Note, cet, *lisez* cette.
Page 22, ligne 23, deslination, *lisez* destination.
Page 23, ligne 23, no s'aperçoit, *lisez* on s'aperçoit.
Page 28, au bas de la Note, aulieu de *maque si*, lisez *Normaque si*.


PROCEDES USITES
Pour contreventer le Pied des Tours de Dome audessus des Voutes des nef, lesquels sont employés
Fig. *
aux Invalides
a St. Pierre
a l'Eglise de St. Ignace a Rome
a St. Paul de Londres
Fig. I
REGLES pour les proportions d'une Coupole.
Fig. IV
APPLICATION des Regles a la Coupole Projettée pour Ste. Genevieve.
AUTRE Profil presenté a S. M. lors de la Pose de la 1re. Pierre en 1764
Fig. II
PROFIL de la Coupole de l'Eglise de Ste. Genevieve presenté au Roi, le 2 Mars 1757.
31. p. 6
19. p. 6
PLAN du Tambour Cy-dessus
Echelle de 10 Toises pour les Fig. IV. V. et VI.
Autel
Fig. V
PLAN du Tambour.
Fig. VI
Fig. III
Dimensions des Piliers
QUART DU PLAN de l'Eglise de Ste. Genevieve pris du coté du Chevet.

d
d
p
r
b

P
P
P
P
P

PLANS DES PILIERS DES PRINCIPAUX DOMES EN PARALLELE,

Servant a prouver l'insuffisance de ceux qui doivent porter la Coupole de l'Eglise de Ste Genevieve.